

Formation de charbonniers à la carbonisation améliorée

Cycles d'Alépé (du 05 octobre au 08 novembre 2018 et du 08 avril au 10 mai 2019)
Cycle d'Adzopé (du 13 mai au 03 juin 2019)





Table des matières

INTRODUCTION	3
1. Objectifs.....	3
2. Résultats attendus	3
1. Choix de la technique de carbonisation améliorée.....	4
2. Choix des charbonniers.....	7
3. Choix du site.....	7
4. Méthode de formation.....	8
Déroulement de la formation	9
1. Caractéristiques des meules (voir page annexe)	9
2. Processus de construction des meules.....	9
3 Planning de déroulement de la formation.....	15
BILAN AVEC LES CHARBONNIERS	18
CONCLUSION.....	18
ANNEXE 1	19
ANNEXE 2.....	21

RESUME

La production du charbon de bois dans la région de la Mé se fait à travers des meules traditionnelles dont le rendement est faible et aggrave de ce fait l'effet destructeur de l'exploitation forestière. Afin d'inverser cette tendance, des essais visant à améliorer cette technique ont été entrepris dans le cadre du projet REDD+ par la composante « énergie domestique durable ». Ces tests ont notamment conduit à promouvoir l'adoption de meule à bois sec (*faciliter la carbonisation de la charge de bois*) à cheminée (maintenir *une température optimale de carbonisation et carboniser facilement les plus gros bois*) et évents métalliques (*une meilleure aération de la meule*). A ce titre, trois cycles de formation visant à vulgariser cette technique, ont été tenus auprès de 50 charbonniers repartis dans les deux grands bassins de production de la région à savoir Adzopé et Alépé. Ces cycles de formation ont donné de meilleurs résultats et une satisfaction des charbonniers. L'application de cette méthode a permis de doubler le rendement des meules et de diminuer de 2 / 3 le temps de travail tout en réduisant l'exposition à la fumée. L'adoption de cette méthode par les charbonniers de la région permettra le doublement de leur production et de réduire significativement l'impact de cette activité sur le couvert forestier restant.



Introduction

Comme l'ensemble des régions de la Côte d'Ivoire, la région de la Mé est confrontée à un appauvrissement de ses ressources ligneuses notamment lié à des besoins en énergie domestique locale et dans la capitale qui ne cessent de croître, à une exploitation forestière incontrôlée et à des pratiques de carbonisation traditionnelle caractérisées par de faibles rendements.

Dans le but de contribuer à l'amélioration des rendements de carbonisation et réduire ainsi la pression sur les 130 000 ha de forêt de la région, le Projet REDD+ de la Mé (PRM), à travers sa composante « Energie domestique durable », a initié des cycles de formation des charbonniers aux techniques de carbonisation améliorée.

Divers tests ont d'abord été menés avec des charbonniers motivés sur le site de N'Gokro (département d'Alépé) et ont notamment conduit à promouvoir l'adoption de cheminées et d'évents métalliques ayant l'intérêt d'accroître les rendements tout en réduisant la durée de carbonisation, le taux d'incuits et l'exposition des charbonniers aux fumées.

Un premier cycle s'est tenu à Alépé du 05 octobre au 08 novembre 2018 auprès de 20 charbonniers ; celui-ci a connu un taux de satisfaction à hauteur de 90% des charbonniers mobilisés (18 sur 20). Ainsi pour conforter ces résultats et toucher un plus grand nombre de charbonniers, deux autres cycles ont été organisés dans les plus grands bassins de production à savoir Adzopé et Alépé et ceux auprès de 20 charbonniers par localité. Le second cycle s'est tenu à Alépé du 08 avril au 10 mai 2019 et celui d'Adzopé s'est déroulé du 13 mai au 03 juin 2019.

Au total, 50 charbonniers ont pris part à ces différents cycles de formation en considérant les doublons par localité.

1. Objectifs

Au-delà de l'objectif général précité, les objectifs spécifiques étaient de :

- Mettre en avant les performances des meules améliorées par rapport aux meules traditionnelles via un dispositif comparatif composé de trois meules: une meule de bois sec à cheminée & évents (méthode à vulgariser), une meule à bois vert à cheminée & évents (pour confirmer d'une part l'efficacité de la technique améliorée par rapport à la technique traditionnelle et d'autre part montrer l'avantage d'utiliser du bois sec en lieu et place du bois vert généralement enfourné) et une meule traditionnelle (meule témoin) ;
- Former les charbonniers sur la réalisation des meules améliorées à bois sec "grand modèle" en l'occurrence sur la meilleure disposition des bois et sur l'utilisation combinée de cheminées et d'évents métalliques.

2. Résultats attendus

- Les meules améliorées ont démontré leurs meilleures performances par rapport aux meules traditionnelles ;
- Les charbonniers formés ont adopté la méthode par une maîtrise considérable du montage et le suivi de la carbonisation de la meule "grand modèle", et sont disposés à la mettre en œuvre sur leurs propres zones de production.



Méthodologie adoptée

1. Choix de la technique de carbonisation améliorée

Entre janvier et septembre 2018, 17 tests de carbonisation préparatoires ont été réalisés auprès de 4 charbonniers sur le site de formation (N'Gokro). Ces tests avaient pour objectif global d'évaluer les performances (en termes de rendement et durée de carbonisation) des meules traditionnelles comparativement aux meules améliorées promues par le projet (utilisation de bois sec, d'une cheminée et d'évents métalliques). Les principaux résultats obtenus, à l'issue de cette phase préparatoire (18 tests au total dont le premier date d'octobre 2017), sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Comparaison des résultats entre les meules traditionnelles et meules améliorées

Type de meule	Meule traditionnelle (bois vert)	Meule améliorée (bois sec)	Meule améliorée (bois sec + cheminée + évents) - Phase 1	Meule améliorée (bois sec + cheminée + évents) - Phase 2
Nombre de tests réalisés	6 tests	3 tests	3 tests	6 tests
Volume de la meule (stère)	26	19	8	24
Qualité du bois	Bois vert	Bois sec	Bois sec	Bois sec
Humidité du bois	56%	22%	22%	25%
Masse brute de bois (kg)	9 573	6 122	3 871	9 213
Durée de carbonisation & défournement (jour)	28	14	16	14
Masse anhydre de charbon de bois produit (kg)	847	995	698	1726
Rendement massique sur base anhydre ¹	12%	21%	22%	24%
Taux d'incuits sur base anhydre	20%	0%	1%	0%
Ratio charbon produit (kg)/durée carbo. & déf. (j)	38	76	45	136
Ratio recettes vente charbon (FCFA) ² /masse bois anhydre enfourné (kg)	7 291	12 692	13 226	12 473

¹Il se calcule par le rapport de la masse anhydre (qui ne contient pas d'eau) de charbon de bois produit sur la masse anhydre de bois utilisée.

²Estimation faite selon le nombre de sacs de charbon produits/meule testée et un prix de vente du « grand sac » à raison de 4.000 FCFA l'unité (prix « bord champ » assez habituel pour un producteur grossiste).

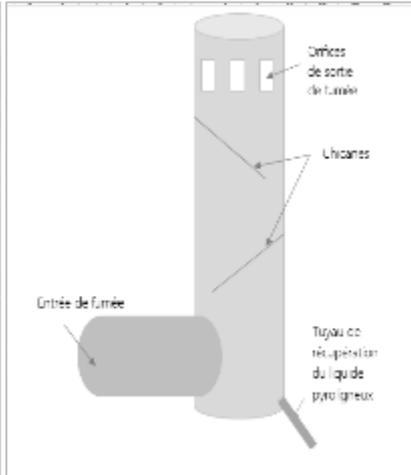
Il est à noter que les valeurs indiquées dans ce tableau représentent les valeurs moyennes de l'ensemble des tests réalisés pour chaque type de meule.

Suite aux premiers tests réalisés sur les meules traditionnelles (oct. 17 à mars 18), des pistes d'amélioration visant l'optimisation du processus de carbonisation ont été choisies puis expérimentées selon les principes suivants :

- Recourir à des charbonniers qualifiés (transfert de savoir-faire) et accroître la surveillance des meules pour limiter les pertes que ce soit par combustion (effondrement) ou par l'arrêt de la carbonisation (production d'incuits) ;
- Encourager l'utilisation de bois sec pour minimiser les pertes d'énergies (énergie requise pour évaporer l'eau contenue dans le bois) ;



- Encourager l'utilisation des cheminées et des événements métalliques (cf. figures ci-dessous) afin d'optimiser le processus d'aération et de circulation de l'air (tirage inversé) ;
- Positionner les plus gros bois de manière centralisée pour réduire les incuits et la durée de carbonisation ;
- Utiliser une quantité importante de bois de très petits diamètres pour boucher les interstices sur les côtés lors du montage d'une meule, en vue de faciliter l'allumage et la cuisson des bordures de la meule ;



La cheminée est généralement fabriquée à partir de 3 fûts de 200L soudés les uns sur les autres dont les fonds et couvercles ont été partiellement découpés et rabattus pour faire deux chicanes et permettre ainsi à la fumée de se condenser au contact de la paroi. Les acides pyrolytiques et les goudrons sont ainsi récupérés à la base de la cheminée. Dans notre cas de figure, pour les meules de petites tailles (< 50 stères), la cheminée a été faite à base de feuilles de tôles ayant été découpées et soudées. Le diamètre de sa conduite principale est de 50cm pour une hauteur de 200cm et celui de l'entrée de fumée de 30cm pour une longueur de 65cm. Au total, 6 orifices ont été créés pour permettre la sortie de la fumée.



Les événements métalliques sont des tubes ronds en acier, de 75mm de diamètre et 5mm d'épaisseur, découpés à 145cm de longueur. Ils sont placés sur les bas-côtés de la meule. Lors de la phase 1, ils étaient de plus petites tailles (60mm de diamètre et 3 mm d'épaisseur) et n'avaient pas donné de résultats assez favorables. En effet, l'aération n'a pas été optimale dans la conduite de la carbonisation.



Aperçu d'une meule améliorée
(après les étapes de montage et couverture)

L'analyse des performances entre les différents types de meules testés démontrent que :

- La surveillance régulière d'une meule par le charbonnier a un effet positif aussi bien sur le rendement que sur la durée de carbonisation (toutes les meules testées ayant fait l'objet d'une surveillance accrue ont obtenu un rendement proche sinon supérieur à 20%) ;
- L'utilisation de bois sec, au lieu de bois vert, peut augmenter le rendement de carbonisation (+75%) tout en réduisant la durée de carbonisation et de défournement (-50%) ainsi que le taux d'incuits (en passant de 20% à presque 0%) ;
- La centralisation des plus gros bois dans une meule améliorée dotée d'une cheminée et d'événements métalliques, au lieu d'une disposition traditionnelle, semble augmenter légèrement le rendement (+9%) et diminuer un peu la durée de carbonisation-défournement (-13%) et le taux d'incuits (en passant d'environ 1% à presque 0%) ;



- L'utilisation d'une cheminée permet à la fois de conserver la température au sein de la meule, de réduire les risques sanitaires liés à l'exposition aux fumées nocives et de récupérer le liquide pyroligneux (cf. photos ci-dessous) pouvant être valorisé notamment comme insecticide ou engrais organique (aubaine économique).



Fumée sortant uniquement par la cheminée (meule améliorée)

Liquide pyroligneux

Fumée sortant à travers toute la meule (meule améliorée)

Le type de meule testé le plus performant s'avère ainsi la meule dotée d'une cheminée et d'évents métalliques et utilisant le bois sec avec centralisation des plus gros bois. En effet, cette meule améliorée permet de doubler le rendement par rapport aux meules traditionnelles utilisant le bois vert et permet de diminuer par deux la durée de carbonisation-défournement. Davantage de charbon est donc produit en un temps réduit : environ 100 kg de charbon supplémentaire produit par jour de carbonisation-défournement !

En termes de chiffre d'affaire potentiel (recettes issues de la vente du charbon selon le nombre de sacs produit par meule) rapporté à la masse anhydre de bois enfourné, les deux types de meules améliorées testées ont présenté des meilleurs résultats que la meule traditionnelle (près de 5000 à 6000 FCFA de recettes en plus par kilogramme de bois anhydre enfourné).

Il est à préciser que ces résultats comparatifs sont à apprécier avec prudence dans la mesure où la performance d'une meule, notamment en termes de rendement ou de durée de carbonisation, dépend de nombreux facteurs. Au-delà de la qualité du bois utilisée, peuvent être aussi cités :

- Les conditions météorologiques : la pluie a des effets contrastés sur la conduite d'une meule de carbonisation. Elle peut réduire les pertes par combustion du fait qu'elle permet d'étanchéifier davantage la meule en humidifiant la couche de terre (moins de risques de fissure). Cependant, selon son intensité, l'eau de pluie peut également ralentir la carbonisation en abaissant la température de la meule. Aussi, elle peut réduire les risques de bouchage des trous-évents en assurant une meilleure stabilité de la couche de terre (moins d'effritements à cause du séchage de la terre) mais aussi les augmenter selon l'intensité de la pluie (une forte pluie pouvant occasionner une coulée de boue) ce qui engendrerait des incuits et/ou un ralentissement de la « cuisson ». Enfin, selon son intensité et sa durée, elle peut avoir un impact négatif tout au long du processus, lors du montage en humidifiant le bois (baisse du rendement...), lors du suivi en décourageant le charbonnier à surveiller régulièrement la meule et lors du défournement en rendant cette opération difficile (charbon étant « collé » à la terre humide). En dehors de la pluie, lorsque le vent est fort, le côté de la meule qui lui est exposé carbonise plus rapidement, provoquant les risques de combustion ;
- Le type de sol utilisé pour la fermeture de la meule : la terre recouvrant une meule joue le rôle d'étanchéité afin de permettre la carbonisation du bois à l'intérieur de celle-ci. Ce



processus est influé selon le type de sol utilisé. Un sol dominé par l'argile aura tendance à accélérer la « cuisson » grâce au pouvoir réfractaire de l'argile mais avec un risque de perte par combustion en cas d'insuffisance de suivi. Inversement, un sol dominé par le sable mal consolidé aura tendance à ralentir, du fait des éventuels éboulements bouchant parfois les événements et étouffant le feu.

- La disponibilité et la maîtrise technique du charbonnier : la disponibilité et le savoir-faire du charbonnier restent indéniablement indispensables pour optimiser la conduite d'une meule. Une meule construite, gérée et suivie convenablement peut effectivement présenter de bonnes performances que ce soit en termes de volume de production ou de durée de carbonisation-défournement (limitation des pertes et accélération de la « cuisson » grâce à une bonne disposition du bois, une bonne étanchéité avec la couche de terre, une bonne gestion des événements et un bon suivi des effondrements et du défournement...).

Tous ces aspects techniques et environnementaux, auxquels sont souvent confrontés les charbonniers, ont été abordés au cours des différents tests de carbonisation améliorée, notamment le type de sol (sableux, argileux, sablo-argileux ou argilo-sableux....) et le type de saison (saison pluvieuse ou sèche). Ainsi, les charbonniers préformés ont pu apprécier l'utilisation de la cheminée et des événements métalliques dans divers cas de figure.

2. Choix des charbonniers

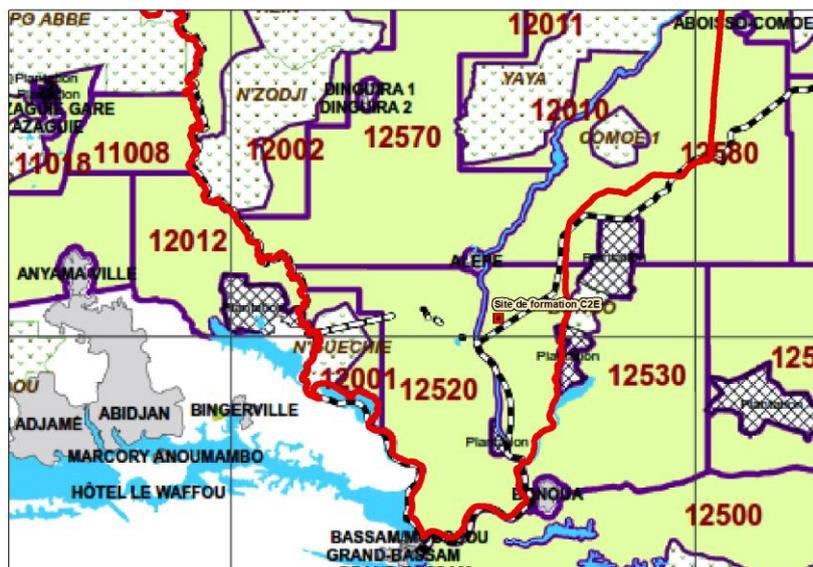
Le critère de choix des charbonniers a tenu compte du caractère formel de leur activité. Étant donné que la majorité des charbonniers travaille dans l'informel, le choix s'est porté sur les charbonniers ou groupes de charbonniers affiliés à un permis d'exploitation, aussi bien auprès des charbonniers détenteurs de permis, des affairistes que des contractuels.

Par ailleurs, certains de nos charbonniers n'étant pas affiliés à un permis ou groupement ont été choisis selon leur appartenance à un lieu au sein duquel l'activité a une bonne adhésion et sur l'avis du cantonnement des Eaux & Forêts.

Voir liste complète des charbonniers en annexe 1.

3. Choix du site

Le choix du site lors du premier cycle de formation a été principalement défini selon l'accessibilité du bois (bois vert et bois sec découpé en quantité suffisante). La formation s'est ainsi tenue sur le périmètre n° 12530 (cf. point rouge sur la carte de délimitation des périmètres ci-dessous).





Par ailleurs, le critère de choix du site pour les deux derniers cycles était d'apporter une visibilité au progrès initié pour une activité qui se fait le plus souvent dans un endroit éloigné de la ville, loin des regards des acteurs et des parties prenantes au projet. Ainsi, des espaces ont été aménagés avec la collaboration du MINEF en bordure des voies principales des différentes localités concernées. Un panneau de communication portant le slogan "*produire plus de charbon avec moins de bois*" (cf. image ci-contre) y a été installé pour permettre aux différents passants d'avoir accès au site et tirer toutes les informations découlant de la formation. Du coup, plusieurs visiteurs de la région et des passants y sont venus s'informer du travail abattu auprès des charbonniers "modernes" dans la préservation du couvert forestier de la région (cf. image en annexe 5).



4. Méthode de formation

La méthode de formation repose sur la co-construction des meules, les meules améliorées (meule avec une cheminée, évents métalliques et bois sec ou vert) et une meule traditionnelle comme témoin (avec du bois vert) et ce, selon les étapes suivantes :

- La pesée et la prise d'humidité des bois à enfourner afin d'évaluer les indicateurs de performance de chaque meule (Cf figures ci-dessous) ;
- La co-réalisation des meules (montage, couverture & fermeture) : les meules améliorées ont été réalisées par les charbonniers conduits par les charbonniers préformés sous la supervision du chargé de mission énergies et la meule traditionnelle par une équipe formée uniquement de charbonniers apprenants ;
- Le suivi, la surveillance de la carbonisation et le défournement : activités assurées par une équipe réduite (2 charbonniers préformés et 3 apprenants) ;
- Le bilan à l'issue du défournement avec l'ensemble des charbonniers : comptage et pesée des sacs de charbon obtenus après le défournement et présentation des principaux résultats, notamment en termes de durée de carbonisation, de nombre de sacs produits par meule et quantité de liquide pyrolique récupérée.



De gauche à droite : pesée des bois, prise d'humidité et pesée des sacs de charbon



Déroulement de la formation

1. Caractéristiques des meules

Les meules communément construites par les charbonniers étant de grande taille (≥ 100 stères en général) et leur durée de construction-carbonisation-défournement relativement longue (> 1 mois le plus souvent), il a été choisi de construire des meules de plus petite taille (< 30 stères en moyenne) afin de réaliser plusieurs tests en un temps réduit et afin d'obtenir suffisamment de résultats pour confirmer la performance des meules améliorées.

Par ailleurs, les meules dont la taille avoisine les modèles de meules réalisées en temps réel par nos charbonniers ont été réalisés afin d'initier nos apprenants à la maîtrise d'un modèle plus grand.

Pour limiter l'influence de nombreux paramètres sur la performance des meules (taille de la meule, quantité et qualité du bois...), les conditions de réalisation de chaque test ont été relativement similaires. C'est ainsi que :

- La taille de chaque meule et la masse du bois enfourné n'ont pas trop varié (15 à 30 stères de bois pour les meules à bois vert avec un écart de la masse de bois brute enfourné relativement considérable qui se justifie par la dimension des bois et qui n'a aucune influence sur les indicateurs clés de performance);
- Les types d'essence ont été homogènes (proportion de bois dur ayant été de 80% à 85% selon les meules) ;
- La qualité du bois en termes d'humidité a été homogène : les meules à bois vert hormis le cas spécifique des meules à bois sec ;
- Chacune des meules est composée d'un cocktail d'essences aux proportions sensiblement distinctes ;
- Une remarquable variation de la catégorie des bois selon leur diamètre avec une dominance dans certains cas de bois moyens diamètres et dans d'autres cas des bois à petits diamètres;
- Le type de sol utilisé pour la fermeture des trois meules a été similaire (sablo-argileux) dans les cas de figure et la pente a très peu varié.

Les tableaux en annexe 1 détaillent tous ces aspects

2. Processus de construction des meules

Deux types de meules ont été co-construits tout au long de la formation par les charbonniers au cours des trois cycles de formation.

Des meules améliorées ont été réalisées en comparaison aux meules traditionnelles. Par ailleurs, tout au long des deux derniers cycles de formation, les apprenants ont été initiés à la maîtrise des meules améliorées "grand modèle"

Deux charbonniers préformés et ayant une bonne expérience en matière de carbonisation améliorée, ont conduit le montage des meules améliorées avant de permettre aux apprenants de monter la meule traditionnelle. Quant à la meule améliorée "grand modèle" qui constitue le modèle à vulgariser, elle a été réalisée par l'ensemble des charbonniers sous la supervision du chargé de mission énergie.



Par ailleurs, l'ensemble des charbonniers a été mobilisé à chaque étape pertinente de la carbonisation des meules améliorées, le positionnement de la cheminée, l'observation du tirage inversé et le retrait de la cheminée (cf. photos ci-dessus).

Les apprenants ont également été instruits sur la performance de ces équipements innovants dans le processus de carbonisation, notamment les effets de la cheminée sur l'accroissement de la température au sein de la meule, la réduction des risques sanitaires liés à l'exposition à la fumée nocive ou encore la récupération du liquide pyroligneux qui était à ce jour méconnue des charbonniers. Les atouts du liquide pyroligneux en tant qu'engrais organique ou insecticide et son débouché économique local potentiel ont été présentés. Tout ceci a permis à tous les charbonniers sélectionnés de s'imprégner des techniques d'amélioration promues par le projet.



Positionnement de la cheminée "grand modèle"



Observation du tirage inversé

Le processus de réalisation de la meule améliorée en comparaison avec la meule traditionnelle est détaillé dans les figures ci-après (NB : le principe de montage de la meule améliorée, suivant que le bois utilisé soit sec ou vert, restant identique, seul le celui de la meule améliorée à bois vert est présenté ci-dessous).

Meule améliorée



Meule traditionnelle



Etape 1 : Positionnement des longerons

Les longerons sont disposés dans le sens de la longueur de la meule dans les deux cas de figure.



Etape 2 : Disposition des bois sur le plancher

La disposition des bois sur le plancher dans la meule améliorée et la meule traditionnelle se fait par diamètre décroissant dans le sens de la longueur mais la différence se situe au niveau du centrage des bois de gros diamètre (dans le sens de la largeur) pour le cas de la meule améliorée.



Meule améliorée



Meule traditionnelle



Etape 3 : Couverture de la pile de bois

Pour les deux techniques, la pile de bois est couverte d'abord par du bois de petite taille qui servira à l'allumage des meules, puis par des feuilles sèches ou vertes en guise de support à la couche de terre supérieure.



Etape 4 : Positionnement de la cheminée et des événements sur la meule améliorée et des trous-évents sur la meule traditionnelle

La cheminée et des événements métalliques sont positionnés à la base de la meule améliorée. Ils activent l'aération et permettent d'augmenter la température de la meule donc de réduire la durée de carbonisation. Pour la meule traditionnelle, des bois servant de trous-évents ont été disposés et seront retirés en cas de besoin d'aération ; absence de cheminée.



Meule améliorée



Meule traditionnelle



Etape 5 : Fermeture de la meule

La meule, qu'elle soit améliorée ou traditionnelle, est ensuite entièrement recouverte de terre afin de l'étanchéifier, puis une « charpente » de bois est installée pour stabiliser cette couverture en terre.



Etape 6 : Allumage de la meule

Le mode d'allumage de la meule est identique dans les deux cas de figure : en un point à proximité du sommet sur le côté où sont positionnés les bois de plus petit diamètre. L'allumage se fait généralement à l'aide de petites brindilles et de braises de bois.



Meule améliorée



Meule traditionnelle



Etape 7 : Suivi de la carbonisation

Les meules améliorées fonctionnent selon le principe du tirage inversé, c'est-à-dire que l'air ambiant entre par les événements métalliques placés sur les bas-côtés du four, se réchauffe et circule à l'intérieur du four avant d'être évacué vers l'extérieur via la cheminée tandis que pour la meule traditionnelle, le tirage est direct c'est-à-dire que les fumées sont évacuées par le haut à travers la couche de terre supérieure. Les chicanes fixées à l'intérieur de la cheminée favorisent la condensation de la fumée formant ainsi le liquide pyroligneux recueilli au bas de la cheminée.



Etape 8 : Défournement et mis en sac du charbon produit

Le défournement se fait à l'aide de râteaux et le charbon est ensuite mis en sac après refroidissement avec un peu d'eau.



3 Planning de déroulement de la formation

Meules	Nov. 19	J1 - J7	J8- J17	J17-J19	J20-21	J21-J23
		06 au 11	12 au 22	23 au 24	25 au 26	27 au 28
MA_BS-PM		J	J	J		
MA_BV		J	J	J		
MT_BV		J	J	J	J	
		<i>MA_BS : Meule Améliorée_Bois Sec</i> <i>MA_BV : Meule Améliorée_Bois Vert</i> <i>MT:Meule Traditionnelle</i> <i>MA-GM : Meule Améliorée Grand Modèle</i>		J: Jour S: semaine		
Pesée et Montage de la meule						
Allumage						
Conduite de la carbonisation						
Défournement						

Cycle de formation à Alépé du 08 au 28 novembre 2018



Meules	AVRIL. 19 à MAI . 19	J1 - J11	J11- J16	J17-J20	J21-25		J26-J28			J26-J29
		08 au 17	18 au 23	24 au 27	27 au 29	29 au 02	02 au 05			05 au 10
MA_BS-PM1										
MA_BS-PM2										
MA_BV										
MT_BV										
MA_GM										
<p>MA_BS-PM : Meule Améliorée_Bois Sec Petit modèle</p> <p>J: Jour</p> <p>MA_BV : Meule Améliorée_Bois Vert</p> <p>S: semaine</p> <p>MT:Meule Traditionnelle</p> <p>MA-GM : Meule Améliorée Grand Modèle</p>										
Pesée et Montage de la meule										
Allumage										
Conduite de la carbonisation										
Défournement										

Cycle de formation à Alépé du 08 avril au 10 mai 2019



Meules	MAI. 19 à JUIN . 19	J1 - J7	J7- J14	J15-J17	J17-19	J19-J21	J21-J23
		13 au 19	19 au 26	26 au 29	27 au 29	29 au 01	01 au 03
MA_BS-PM		Yellow	Red	Orange	Grey		
MA_BV		Yellow	Red	Orange	Orange	Grey	
MT_BV		Yellow	Red	Orange	Orange	Orange	Grey
MA_GM		Yellow	Red	Orange	Grey	Grey	
Pesée et Montage de la meule		Yellow					
Allumage		Red					
Conduite de la carbonisation		Orange					
Défournement		Grey					
				<i>MA_BS-PM : Meule Améliorée_Bois Sec Petit modèle</i>		<i>J: Jour</i>	
				<i>MA_BV : Meule Améliorée_Bois Vert</i>		<i>S: semaine</i>	
				<i>MT:Meule Traditionnelle</i>			
				<i>MA-GM : Meule Améliorée Grand Modèle</i>			

Cycle de formation à Adzopé du 13 mai au 03 juin 2019

Résultats techniques et économiques des meules

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessous résument la synthèse des résultats obtenus au cours des trois cycles de formation, portant à la fois sur des aspects techniques (rendement massique sur base humide ou anhydre, durée de carbonisation, nombre de sacs produits...) et économiques (recette générée par sac de charbon vendu) :

Comparaison technique et économique entre meules améliorée et traditionnelle

Meules	Meules améliorées bois sec	Meules améliorées bois vert cas 1	Meules améliorées bois vert cas 2	Meules Traditionnelles cas 1	Meules Traditionnelles cas 2	Meules améliorées bois sec grand modèle
Nombre de test	4	2	1	2	1	2
Volume de la meule (stère)	22	17	23	20	23	48
Masse brute de bois enfourné (kg)	5 440	6 682	11 079	5 955	10 585	11 864
Masse anhydre de bois enfourné (kg)	4 423	4 577	7 486	4 107	7 402	9 568
Humidité pondérée sur masse anhydre (%)	23	46	48	45	43	24
Durée de carbonisation (en nombre de jours)	7	12	12	15	15	9
Masse anhydre de charbon de bois produit (kg)	1 241	1 027	1 691	651	1 170	2 838
Nombre de sac	16	15	20	10	17	38
Masse anhydre des incuits (kg)	0	87	149	105	446	0
Poids moyen du sac de charbon (kg)	78	71	85	65	69	76
Rendement massique (%)	23	15	15	11	11	24
Rendement sur masse anhydre (%)	28	22	23	16	16	30
Rendement technologique (kg/stère)	57	60	74	32	51	59
Taux d'incuits (%)	0	1	1	2	4	0
Ratio charbon produit Kg/durée de carbonisation	171	86	141	45	78	334
Recette générée par sac de charbon vendu	64 000	58 000	80 000	40 000	68 000	150 000

Nb : Le détail par cycle de formation est donné en annexe 2

Ces résultats démontrent ainsi que les deux méthodes de carbonisation améliorée testées présentent une meilleure performance par rapport à la meule traditionnelle grâce aux particularités suivantes :

- **Un meilleur rendement sur masse anhydre** de 22% et 30% respectivement pour les meules améliorées à bois vert et bois sec alors que ceux de la meule traditionnelle est de seulement de 16% soit une augmentation d'environ 37,5% à 87,5% ;
- **Une efficacité de la cheminée**, pour une meule à bois vert, dans l'apport de chaleur lors de la phase endothermique contribuant au séchage préalable du bois avant sa carbonisation, se caractérisant notamment par une augmentation de 36,3% du rendement massique sur base humide de la meule améliorée à bois vert par rapport à la meule traditionnelle (15% vs 11%) ;
- **Une réduction de la durée de carbonisation-défournement** de 20% à 50% (durée totale de 7j pour les meules améliorées à bois sec, 12j pour celle à bois vert et 15j pour la traditionnelle) ;
- **Une meilleure ventilation et une meilleure maîtrise de l'aération** pour les meules améliorées (les événements peuvent être ouverts selon les besoins en oxygène des différentes phases) et une homogénéité de l'entrée avec des diamètres d'évents identiques ;



- **Un tirage inversé** (engendré par la cheminée) ayant augmenté rapidement la montée de la température de la meule améliorée, ce qui a permis d'accroître le rendement et de réduire la durée de carbonisation ; mais aussi, si le bois enfourné est sec, d'aller plus loin dans le processus, c'est-à-dire en carbonisant des plus gros bois en un temps réduit (les meules améliorées à bois sec comprenaient des bois de plus gros diamètre et sa durée de carbonisation a été la plus courte) ;
- Un taux d'incuits nul dans le cas des meules améliorées à bois sec et à valeur sensiblement égale entre les meules améliorées à bois vert et les meules traditionnelles (1 vs 4%) ;
- **Une meilleure productivité des meules améliorées** par rapport à la meule traditionnelle (86 à 171 kg de charbon produit en plus par jour de carbonisation-défournement) ;
- Une concrétisation du slogan « *produire plus de charbon de bois avec moins de bois* » développé par le projet à partir du cas spécifique du second cycle à Alépé où la meule améliorée à bois sec petit modèle pour une quantité de bois enfourné de 6671 Kg a produit plus de sac de charbon (18 sacs contre 17sacs) que la meule traditionnelle pour une quantité de bois enfourné de 11 079 Kg (voire second cycle de formation à Alépé en annexe 2) ;
- **Un impact économique plus important des meules améliorées** puisque les recettes sont supérieures de 24 000 FCFA par sac de charbon vendu pour une quantité massive de bois enfourné des meules à bois sec avoisinant celles des meules traditionnelles;

Bilan avec les charbonniers

L'ensemble des charbonniers ont montré leur satisfaction vis à vis de la méthode de carbonisation améliorée promue par le projet.

Ils ont en grande partie apprécié l'effet de la cheminée dans la production du liquide pyroligneux mais aussi celui des événements métalliques contribuant à une meilleure aération de la meule (homogénéisation du diamètre des trous d'aération, réduction des risques de bouchage de ces trous et gestion plus aisée des événements du fait que les événements sont positionnés de manière fixe et dotés d'un bouchon...). Par contre, le coût de revient de ce lot de matériel est une préoccupation majeure : 74 000 FCFA pour les grandes cheminées, 64 000 FCFA pour les petites cheminées et 26 000 FCFA la barre pour 4 événements de 75 cm de diamètre et 145 cm de longueur.

De plus, les performances des meules améliorées, particulièrement en termes de nombre de sacs produits ou de durée de carbonisation, ont été jugées favorablement. Enfin, l'évacuation de la majeure partie de la fumée par la cheminée, qui réduit considérablement le risque d'exposition à la fumée et améliore ainsi les conditions sanitaires, a été aussi très appréciée.

Conclusion

Les meules améliorées promues par le projet ne sont pas de simples meules traditionnelles améliorées mais un ensemble de techniques améliorées combinant la forme géométrique des meules traditionnelles avec un centrage des bois de gros diamètre, un renfort en bois d'allumage, l'utilisation d'une cheminée en acier avec des événements métalliques et le recours optionnel au bois sec.

Elles ont montré une meilleure performance comparativement à la meule traditionnelle tant au niveau du rendement sur masse anhydre (supérieur de 55% en moyenne) que sur la durée de carbonisation (inférieure d'environ 20% en moyenne).

Cette performance est aussi confirmée en termes de nombre de sacs produits par meule (5 à 6 sacs de charbon obtenus en plus pour les meules de même taille) mais aussi en nombre de sacs rapporté à la masse de bois anhydre enfournée (environ plus d'un sac de charbon produit/kg de bois anhydre



enfourné). Aussi, le cas spécifique d'Alépé où les meules améliorées à bois sec "petit modèle" pour une capacité massive en bois à moitié inférieure à celle de la meule traditionnelle a donné presque le même nombre de sac voire une quantité de charbon supérieure. Cela concrétise le slogan "produire plus de charbon avec moins de bois " initié par le projet.

Celle-ci se ressent également sur l'amélioration aussi bien du chiffre d'affaire potentiel issu de la vente des sacs de charbon (40% de plus en moyenne) que des conditions sanitaires des producteurs (exposition aux fumées réduites).

Enfin, la récupération du liquide pyrolytique, permise par la cheminée et pouvant être valorisée à des fins agricoles (comme insecticide notamment), a été fortement appréciée par les charbonniers en tant qu'aubaine économique.

L'efficacité de la meule améliorée lui a ainsi valu une adhésion à hauteur de 90% parmi les 20 charbonniers formés.

Vu ce niveau de satisfaction, la technique de la meule améliorée sera vulgarisée au cours de la troisième et dernière année du projet dans la région, à travers une nouvelle phase de formation dédiée à 40 nouveaux charbonniers en perspective. Elle sera mise en œuvre sur deux sites distincts, au cœur des plus grands bassins de production de la région que sont les cantonnements d'Adzopé et d'Alépé. Elle sera suivie d'un appui financier aux charbonniers afin de subventionner l'acquisition des équipements innovants promus par le projet que sont les cheminées (adaptées pour les meules de plus grande taille communément réalisées par les charbonniers) et les événements métalliques.



ANNEXE 1 : Caractéristiques des meules par cycle de formation

Premier cycle de formation

	Meule améliorée à bois sec	Meule améliorée à bois vert	Meule traditionnelle bois vert
Types d'essences Proportion (%) bois durs vs bois léger enfournés dans la meule	Bois dur (85%) : Sagban (45%)- Bancôcô (10%)- Nèrècracra (30%) Bois tendre (15%) : Hévèa sauvage	Bois dur (80%) : Abalé (40%)- Sagban (20%)- Nèrècracra (20%) Bois tendre (15%) : Hévèa sauvage (15%) - Congostra (5%)	Bois dur (80%) : Gobé (10%)- Sagban (10%)- Poupounèrè (45%) - Dabema (10%)- Nèrècracra (5%) Bois tendre (20%) : Hévèa sauvage
Type de sol	Sablo-argileux	Sablo-argileux	Sablo-argileux
Type de relief	Très faible pente	Relativement plat	Relativement plat
Volume de la meule (stère)	16,5	12,5	18,5
Masse brute de bois enfourné (kg)	6 211	7 294	7 541
Masse anhydre de bois enfourné (kg)	5 198	4 438	5163
Part bois très gros diamètre (>35 cm)	4%	14%	2%
Part bois gros diamètre (25-34cm)	31%	14%	19%
Part bois moyen diamètre (15-24cm)	40%	45%	57%
Part bois petit diamètre (05-14cm)	17%	22%	14%
Part bois d'allumage (<5cm)	8%	5%	8%
Qualité du bois enfourné	Bois très sec	Bois mi sec mi vert	Bois mi sec mi vert
Humidité pondérée sur masse anhydre (%)	19%	48%	46%

Deuxième cycle de formation (Alépi)

Meules	MA_BS-PM1	MA_BS-PM2	MA_BS-GM	MT	MA_BV
Types d'essences	Dabema (40%)- Hévèa sauvage (10%)- Collatier (45%)- Sagban (5%)	Dabema (40%)- Hévèa sauvage (10%)- Collatier (45%)- Sagban (5%)	Dabema (10%)- Collatier (45%)-Abalé (40%)- Sri (5%)	Nèrècracra (30%)- Collatier (50%)-Abalé (20%)	Nèrècracra (30%)- Collatier (50%)-Abalé (20%)
Volume de la meule (stère)	20	20	50	28	23
Masse brute de bois enfourné (kg)	6671	6697	16808	10585	11079
Masse anhydre de bois enfourné (kg)	5347	5438	13409	7414	7474
Humidité pondérée sur masse anhydre (%)	25	23	25	43	48
Types de sol	sablo-argileux	sablo-argileux	sablo-argileux	Sablo-argileux	Sablo-argileux
Types de relief	plat	plat	plat	légère pente	pente moyenne
Qualité du bois	sec	sec	sec	mi sec mi vert	mi sec mi vert
Part du bois très gros diamètre (>35cm) en %	15	15	22	44	26
Part du bois gros diamètre (25-34cm) en %	8	31	26	16	34
Part du bois moyen diamètre (15cm-24 cm) en %	28	32	29	15	24
Part du bois petit diamètre (5cm-14 cm) en %	46	18	15	20	13
Part du bois allumage (5cm>) en %	4	4	7	7	4



Troisième cycle de formation

	MA_BS-PM	MA_BS-GM	MT	MA_BV-PM
Types d'essences	Dabema (35%)- Collatier (25%)- Framiré (15%) - Hévéa sauvage (15%)-Sri(10%)	Dabema (35%)- Collatier (25%)- Framiré (15%) - Hévéa sauvage (15%)-Sri(10%)	framiré (30%) - Abalé (20%) - Acacia (50%)	framiré (30%) - Abalé (20%) - Acacia (50%)
<i>Volume de la meule (stère)</i>	31	46	15	22
<i>Masse brute de bois enfourné (kg)</i>	4764	6919	4369	5823
<i>Masse anhydre de bois enfourné (kg)</i>	3831	5621	3015	4084
<i>Humidité pondérée sur masse anhydre (%)</i>	24	23	44	43
<i>Types de sol</i>	sablo-argileux	sablo-argileux	sablo-argileux	sablo-argileux
<i>Types de relief</i>	Plat	Plat	Plat	Plat
<i>Part du bois gros diamètre (>35cm) en %</i>	-	23	-	-
<i>Part du bois gros diamètre (25-34cm) en %</i>	16	23	17	9
<i>Part du bois moyen diamètre (15cm-24 cm) en %</i>	27	26	45	48
<i>Part du bois petit diamètre (5cm-14 cm) en %</i>	47	22	29	33
<i>Part du bois allumage (5cm>) en %</i>	10	6	9	10



ANNEXE 2 : Résultats technico-économiques des meules par cycle de formation

Premier cycle de formation (ALEPE)

Meules	Meules améliorée bois sec	Meule améliorée bois vert	Meule traditionnelle
Volume de la meule (stère)	16	12	18
Qualité du bois	Bois très sec	Bois mi sec mi vert	Bois mi sec mi vert
Humidité du bois	19%	48%	46%
Masse brute de bois enfourné (kg)	6 211	7 294	7 541
Durée de carbonisation+défournement (jour)	13	14	17
Masse anhydre de charbon de bois produit (kg)	1 249	1 113	786
Taux de braisettes sur base anhydre	0,0%	1,4%	1,6%
Taux d'incuits sur base anhydre	0,0%	1,5%	1,0%
Rendement massique sur base brute/humide	20%	15%	10%
Rendement massique sur base anhydre	24%	23%	15%
Nombre total sac cdb produit (correctement rempli)	17	15	11
Poids moyen sac cdb produit (correctement rempli) kg	74	70	66
Ratio charbon produit (kg)/durée carbonisation & défournement (j)	96	79	46
Recette générée par sac de charbon vendu	68 000	60 000	44 000

¹Estimation faite selon le nombre de sacs de charbon produits/meule testée et un prix de vente du « grand sac » à raison de 4.000 FCFA l'unité (prix « bord champ » assez habituel pour un producteur grossiste

Deuxième cycle de formation (ALEPE)

Meules	MA_BS-PM1	MA_BS-PM2	MA_BS-GM	MA_BV	MA_BV-PM
Volume de la meule (stère)	20	20	50	28	23
Masse brute de bois enfourné (kg)	6671	6697	16808	10585	11079
Masse anhydre de bois enfourné (kg)	5347	5438	13409	7414	7474
Humidité pondérée sur masse anhydre (%)	25	23	25	43	48
Durée de carbonisation (en nombre de jours)	5	6	7	15	12
Masse anhydre de charbon de bois produit (kg)	1433	1295	3932	1170	1691
Nombre de sac	18	17	50	17	20
Masse anhydre des incuits (kg)	-	-	-	446	149
Poids moyen du sac de charbon (kg)	80	76	79	69	74
Rendement massique (%)	21	19	23	11	15
Rendement sur masse anhydre (%)	27	24	29	16	23
Rendement technologique (kg/stère)	72	65	78	41	74
Taux d'incuits (%)	-	-	-	4	1
Ratio charbon produit Kg/durée de carbonisation	287	216	562	78	141
Recette générée par sac de charbon vendu	72 000	68 000	200 000	68 000	80 000



Troisième cycle de formation (ADZOPE)

	MA_BS-PM	MA_BS-GM	MT	MA_BV-PM
<i>Volume de la meule (stère)</i>	31	46	15	22
<i>Masse brute de bois enfourné (kg)</i>	4764	6919	4369	5823
<i>Masse anhydre de bois enfourné (kg)</i>	3831	5621	3015	4084
<i>Humidité pondérée sur masse anhydre (%)</i>	24	23	44	43
<i>Durée de carbonisation (en nombre de jours)</i>	7	10	15	12
<i>Masse anhydre de charbon de bois produit (kg)</i>	988	1745	545	941
<i>Nombre de sac</i>	12	25	8	13
<i>Masse anhydre des incuits (kg)</i>	-	-	149	-
<i>Poids moyen du sac de charbon (kg)</i>	82	70	68	72
Rendement massique (%)	21	25	12	16
Rendement sur masse anhydre (%)	26	31	18	23
<i>Rendement technologique (kg/stère)</i>	32	38	36	43
Taux d'incuits (%)	-	-	3	-
Ratio charbon produit Kg /durée de carbonisation (j)	141	174	39	78
Recette générée par sac de charbon vendu	48000	100000	32000	52000



ANNEXE 3 : Listes des charbonniers ayant participé par cycle de formation

Premier cycle de formation

	Noms et Prénoms
1	BOULAYE Mamadou
2	KOLANI Panabathe
3	KONÉ Daouda
4	KOLANI Kanfitine
5	TRAORÉ Ibrahim
6	LARE Boulgabe
7	DIARASSOUBA Chaka
8	COULIBALY Yaya
9	SOULGA Arouna
10	KONATÉ Nouffoué
11	COULIBALY Salif
12	KOULAOGO Ibrahim
13	DIOMANDÉ Mariam
14	KABORE Nouffoue
15	SYLLA Amala
16	KONATÉ Ibrahim
17	Mlle MOUNET
18	GBANE Simplicite
19	SENI Kiniboy Ferdinand
20	TRAORÉ Ahmed
21	KOUAMÉ Kouame Albert

Deuxième cycle de formation

	Nom et Prénoms
1	ADOU Ignace
2	ASSOUMANOU Mohamed
3	APIE Jeanine Sonia
4	BAMBA Abdoulaye
5	COULIBALY Yaya
6	DIARRASSOUBA Chaka
7	DIOMANDE Mariam
8	KOLANI Kanfitine
9	KABORE Salif
10	KONATE Nouffou
11	KONE Daouda
12	LARE Gbalgab Etienne
13	COULIBALY Seydou
14	KONE Oumar
15	SANGARE Daouda
16	LARE Elie
17	TOURE Abou
18	SIDIBE Moussa
19	OUATTARA Daouda
20	YEO Tiécoura

Troisième cycle de formation

	Nom et Prénoms
1	ABOU Atsé Parfait
2	ACHI APO Eric
3	ALATE Didier Richard
4	AYEMOU Macou Florentin
5	BROU Paul
6	DASSOUROU André Mounet
7	DASSOUROU Simplicite
8	EKPO Boni Robert
9	KAPEU Anicet
10	KIMO Richard
11	MAMBO Mambo Richard
12	MOUNET Emmilienne
13	MOYA Abou Martin
14	Séné kiniboy richard
15	TRAORE Ahmed
16	YAPI Serge Pacome
17	YAPO Atsé Jean mermoz
18	YAPO Yapi Olivier
19	YAPOGA ATSE Roméo
20	YAPO SEKA Felix

ANNEXE 4 : Charbonniers ayant participé par cycle de formation



ANNEXE 5: Visiteurs sur les sites de carbonisation

