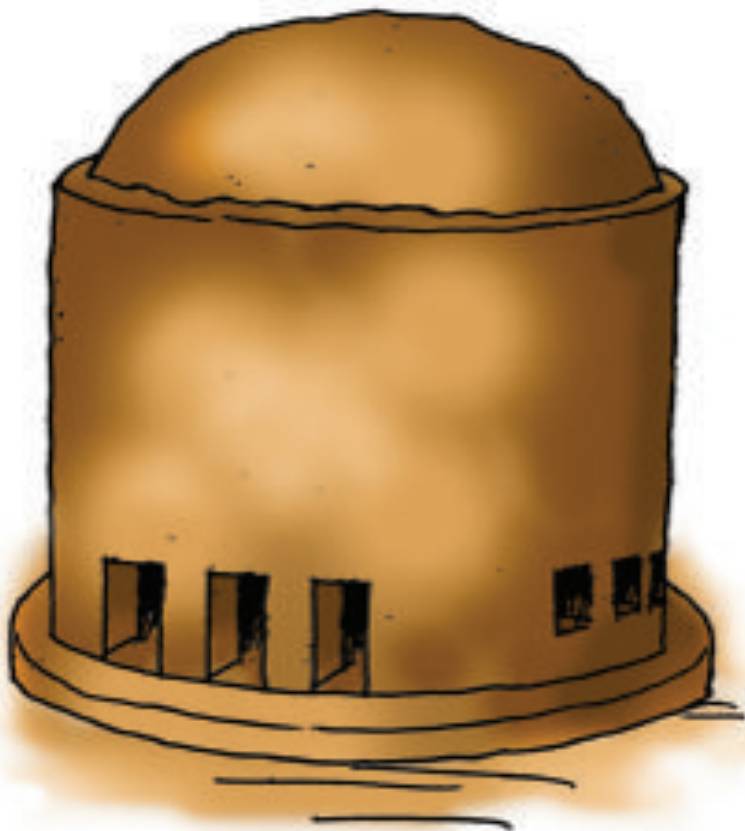


MANUEL DE CONSTRUCTION DE FOURS À BOIS AMÉLIORÉS



ÉDITEUR

Christa Roth

CONTRIBUTEURS

Elizabeth Nyirenda

Cristel Cheong

Conor Fox

Hellen Owala

VERSION EN FRANÇAIS

Equipe GIZ-ProCEAO en Benin, Burkina Faso et Sénégal

CONCEPTION ET MISE EN PAGE

Marcelo Lima

Charles Banda

ILLUSTRATIONS

Hendie Mawera

CLIOMA LTD

PRIVATE BAG 78 LILONGWE

INFO@CLIOMA.ORG

Novembre 2012

ProCEAO 
Programme pour l'Energie de Cuisson Economique en Afrique de l'Ouest

REMERCIEMENTS

Il serait imprudent d'essayer de reconnaître chaque personne qui a contribué au développement de ce manuel. Les directives contenues dans ce document sont le résultat de décennies de développement de technologies appropriées dans les différents pays. Une mention spéciale doit être faite de Pete Young, qui a travaillé sur le projet de recherche des fours de 1992 jusqu'à la publication originale de *How to build, use and maintain a Better Bonfire Kiln* par Moses Agumba et Vivienne Abbott du Intermediate Technology Development Group (ITDG) - maintenant Practical Action - au Kenya en 1996. Cette publication a été révisée en 2011 par Hellen Nyakinda Owala, Hiwote Tishome et Rhoda Nungu pour le Ministère Rwandais de l'Infrastructure dans le contexte du Programme de Foyers Améliorés en milieu urbain et rural de Rwanda.

Les auteurs sont également reconnaissants envers le 'Programme for Biomass Energy Conservation (ProBEC)' en Afrique australe soutenu par la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH pour leur travail de pionnier et aux groupes d'innombrables potières de production dans les différentes communautés, des formateurs villageois et les utilisateurs des fours. Toutes leurs expériences sont importantes pour améliorer la conception de cette technologie petite mais belle, qui contribue à améliorer la vie de dizaines de milliers de personnes. Il est important de reconnaître les gouvernements des pays de fournir un environnement propice à ce travail à faire, en particulier les Ministères de l'Agriculture et de l'Énergie au Kenya, le Ministère de l'Énergie au Malawi, et le Ministère de l'Infrastructure et à l'Énergie, de l'Eau et de l'Assainissement du Rwanda.

La version en Français de ce manuel se base en "*How to fire a Chitetezo Mbaula using a Fuel Efficient Kiln*" élaboré avec le soutien du consortium DISCOVER au Malawi et deux formations de fours faites par Christa Roth en Octobre et Novembre 2012 au Benin et au Sénégal dans le contexte du Programme GIZ-ProCEAO (Programme pour la Cuisson Économique en Afrique de l'Oeste). Le texte fu élaboré avec la collaboration de Raphael Long Nguyen Kim, Aoua Da Soura, Fatimata Mint Sidi Cheik, Berthilde Nyiransabimana, Prisca Gbossa, Karimou Bagoudou, Omar Badiane, Elhadj Mbaye, Papa Deiauw Keita et Ndeye Yacine Gueye et Christa Roth.

Cette édition a été financé par le Programme Approvisionnement en Energie de première nécessité (HERA) de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ GmbH.

Pour vous, le lecteur et l'utilisateur de ce manuel - nous nous réjouissons de vos commentaires et espérons que vous apprécierez!

MANUEL DE CONSTRUCTION DE FOURS À BOIS AMÉLIORÉS

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	4
Contexte	5
Tailles de fours	6
Identification du site de construction du four	7
Matériels requis pour la construction d'un four	9
Outils requis pour la construction d'un four	11
Étapes de la construction d'un four	12
La fondation et la base du four	13
Marquage des chambres de combustion	16
Construction des chambres de combustion	18
Le mur du four	21
Préparation de la cuisson	22
Indicateurs d'une cuisson complète	26
Maintenance et entretien du four	27

AVANT-PROPOS

Le Programme pour l'Energie de Cuisson Economique en Afrique de l'Ouest (ProCEAO) au Bénin poursuit l'objectif de couvrir de manière durable les besoins en foyers améliorés pour 90 000 personnes dans les trois communes de Banikoara, Kandi et Malanville d'ici à décembre 2014.

Grâce à la contribution financière la Commission Européenne, de la Direction Générale de la Coopération Internationale du Ministère Néerlandais des Affaires Etrangères et du Ministère fédéral de la Coopération Economique et du Développement, le programme encourage l'accès à l'énergie moderne de cuisson en promouvant la production durable, la commercialisation et l'utilisation des foyers améliorés métalliques, céramiques et en banco.

Dans le cadre de ces activités, le présent manuel illustre les étapes de construction d'un four économe en bois pour la cuisson des foyers améliorés en céramique. Il est destiné aux producteurs et aux privés intéressés par la promotion d'équipements produits localement et accessibles à tous. Le dit four permet de garantir une qualité optimale des foyers améliorés grâce à une cuisson homogène et à haute température, ce qui limite par ailleurs le nombre de foyers fissurés ou pas bien cuits.

Par ce manuel la GIZ désire contribuer à la diffusion de technologies adaptées au contexte local qui permettent la réduction de la consommation de bois, et ainsi participer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

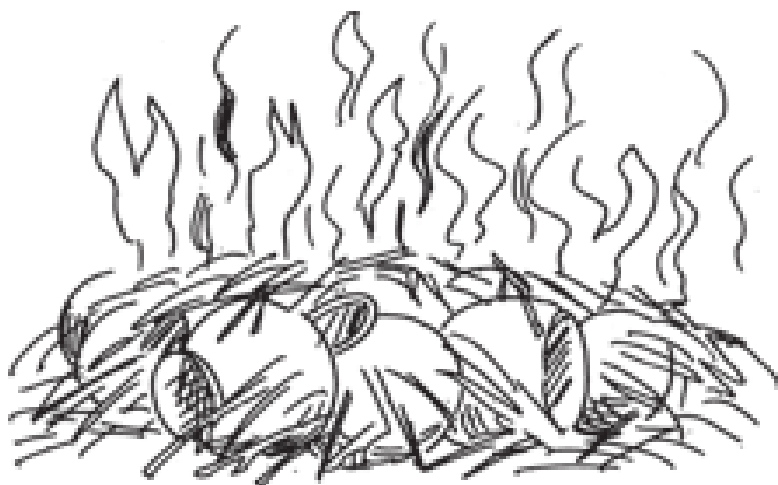
Pour l'équipe de GIZ-ProCEAO

Benin, Novembre 2012

Raphael Long Nguyen Kim

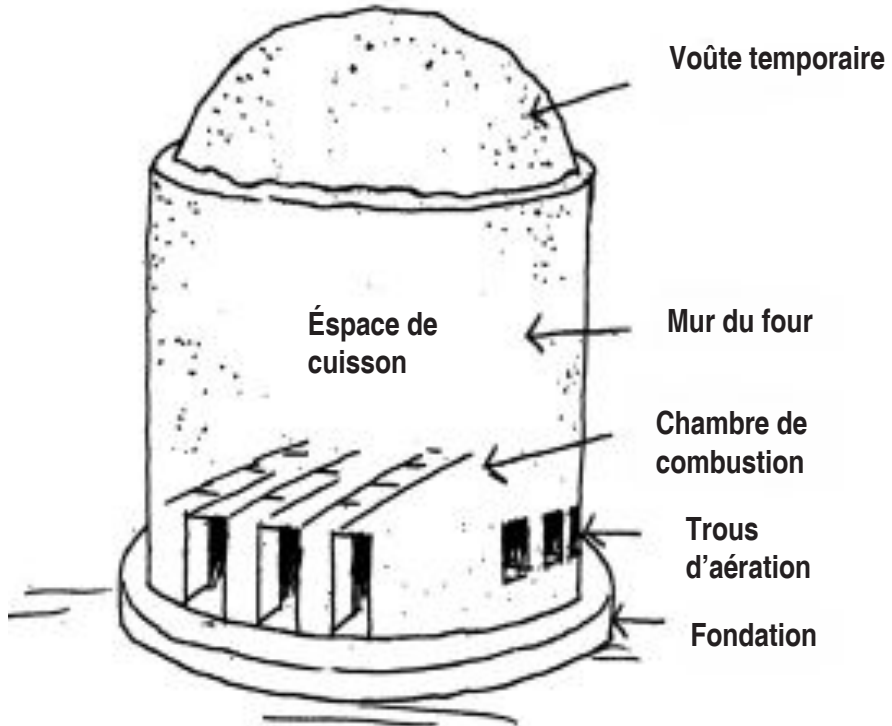
CONTEXTE

Dès les origines de la poterie les gens utilisaient le feu ouvert pour cuire ces produits céramiques. Ces méthodes traditionnelles de cuisson ont des désavantages, car on utilise beaucoup de combustible et parfois on n'arrive pas à une bonne cuisson. Surtout avec le vent et la pluie les pièces se cassent plus fréquemment à cause de choc thermique.



Pour protéger le feu on a commencé de creuser une fosse peu profonde ou à construire un petit mur. Quand-même on ne peut pas éviter la plupart des fissures à cause d'un refroidissement rapide et une distribution inégale de la chaleur.

Avec le temps, on a commencé à construire des structures permanentes appelées fours. Recherche au Kenya par Practical Action a conduit au 'Better Bonfire Kiln' 'Feu ouvert amélioré', un four assez simple qui est vulgarisé surtout à l'est et au sud de l'Afrique.



TAILLES DE FOURS

On peut construire des fours de différentes capacités et dimensions. Pour déterminer la capacité nécessaire du four il faut se baser sur la production de pas plus de 14 jours. Il faut garantir l'espace suffisant pour le séchage et stockage des foyers. On peut construire les fours suivants :

Four grand: 5 chambres de combustion, Four petit: 3 chambres de combustion

Le diamètre utile peut varier entre 90-120 cm pour le four petit et 135-160 cm pour le four grand, en fonction de la largeur des briques utilisés et des chambres de combustion.

Le dimensionnement du four est limité par l'accessibilité aux produits: il faut assurer qu'on les puisse placer et extraire

IDENTIFICATION DU SITE DE CONSTRUCTION DU FOUR

Il faut identifier un site pour le placement du four qui est surélevé, avec bon drainage, spacieux (tenant compte de l'espace nécessaire pour l'abri, pour manipuler le bois, espace de séchage, de stockage des produits et du bois), et assez éloigné de toute matière inflammable (maison, verger), etc.



Un site des fours à bon.

Avant la construction du four il est conseillé de construire un abri spacieux pour bien protéger le four. Les dimensions recommandées sont: 5 m sur 5 m, avec une hauteur extérieure de 2.7m, et une hauteur intérieure de 4m, tout en respectant la direction du vent (pente du toit orientée vers la direction principale des pluies).



MATÉRIELS REQUIS POUR CONSTRUCTION D'UN FOUR

		Four Grand	Four Petit
MATÉRIEL	SPÉCIFICATIONS	QUANTITÉ	QUANTITÉ
Des briques cuites (pas réfractaires de haute densité)	Pour la chambre de combustion et la première couche, résistante à la chaleur et l'abrasion par le bois, dimensions typiques 22x11x7 cm	150-200 Pièces	100-150 pièces
Autres briques pour le mur du four	Soit en terre cuite, soit en banco de bonne qualité, longueur pas moins de 22 cm	400-600 Pièces (dépendant de la dimension)	300-500 pièces
Feuille plastique imperméable	Polyane résistant; 2m de largeur	7 m	5 m
Du sable fin	Tamisé pour ne pas percer le plastique imperméable	4 brouettes	3 brouettes
Des pierres	Pierres dures qui n'absorbent pas l'eau, ou débris de céramique cuite	10 brouettes	6 brouettes
Du gravier	Moyen; gros	10 brouettes	6 brouettes
Du banco ou argile termitière	Servant de liant entre les briques	10 brouettes	6 brouettes

... à partir de la page 9

		FOUR GRAND	FOUR PETIT
MATÉRIEL	SPÉCIFICATIONS	QUANTITÉ	QUANTITÉ
De l'eau		500 Litres	300 Litres
Le fil de fer	1-2 mm d'épaisseur	2 kg	2 kg
En option:			
Le grillage de poulailler	Largeur ca. 100 cm	4 m	3 m

Les matériaux de construction varient en fonction de la disponibilité du matériel et de la préférence des constructeurs. Il faut éviter les briques réfractaires de haute densité car ils sont chers et ne collent pas très bien sans ciment réfractaire spécial.

Les quantités varient en fonction des dimensions du four et les dimensions des briques disponibles:

Exemple : avec des briques de 10 cm de largeur on utilise ca. 50 briques pour une couche du mur d'un four avec un diamètre utile de 150 cm. Si les briques ont un épaisseur de 7 cm il faut 10 couches pour faire un mur de 75 cm de hauteur. En plus il faut des briques pour la fondation et les chambres de combustion.

OUTILS REQUIS POUR LA CONSTRUCTION D'UN FOUR



Une brouette

Marteau de
maçon

Un mètre ruban



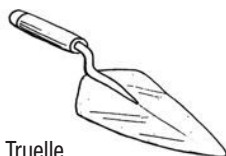
Le fil de nylon



Une pioche



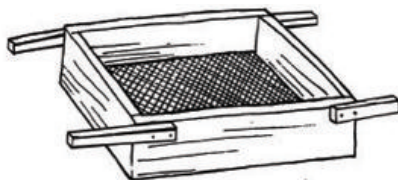
Le niveau à bulle



Truelle



Cisaille à main



Un tamis



Une pelle



Une houe

Un seau et un tonneau
pour l'eau

Un dameur

Il faut aussi un piquet de bois aiguisé ou une tige de fer à béton de 150 cm pour l'axe de construction.

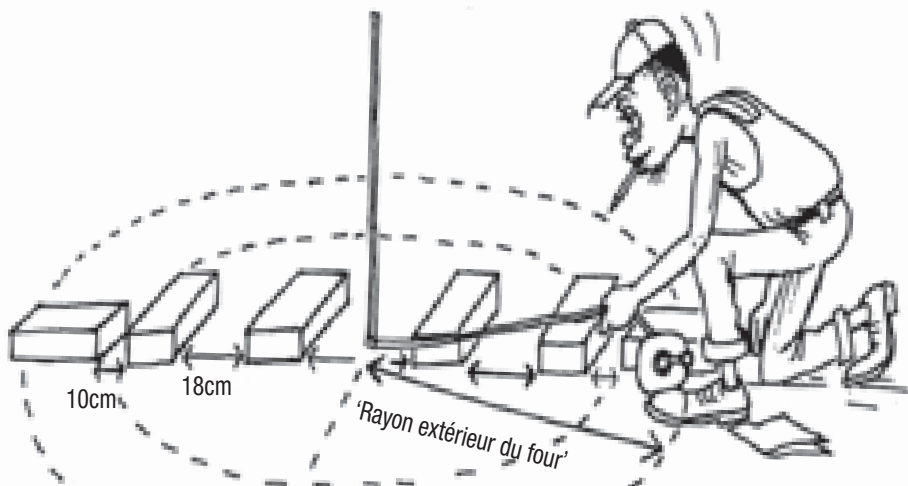
ÉTAPES DE LA CONSTRUCTION D'UN FOUR

- Choisir un emplacement qui ne soit pas centré sous la traverse centrale de l'abri
- Nettoyer et niveler le lieu de construction.
- Matérialiser le centre du four en utilisant la barre de fer ou un piquet de bois comme axe de construction.

Déterminer le diamètre du four à construire de la manière suivante :

- La largeur des chambres de combustion recommandée est de 18 cm : placer deux briques à 9 cm de chaque côté de l'axe pour marquer la chambre de combustion central.
- Continuer à placer des briques pour arriver au nombre de chambres des combustion désiré. Toutes les chambres de combustion doivent avoir le même diamètre.
- Ajouter jusqu'à 10cm en plus de part et d'autre de la dernière chambre de combustion.
- A la fin mettre un brique à la longue à chaque coté pour le mur.
- Mesurer le rayon extérieur de l'axe jusque l'extrême du dernier brique.
- Le rayon utile (rayon intérieur du four) est de l'axe jusqu'au début du dernier brique.

Il ne faut jamais utiliser le ciment pendant la construction du four car il va se fissurer à la chaleur lors de la cuisson.



LA FONDATION DU FOUR

Dégager les briques et tracer la circonférence extérieure du four: Ériger l'axe de construction avec la tige de fer ou le piquet et attacher un bâton aiguisé à un cordon pas élastique. Marquer un cercle de diamètre en fonction de votre four. C'est la circonférence extérieure du four.

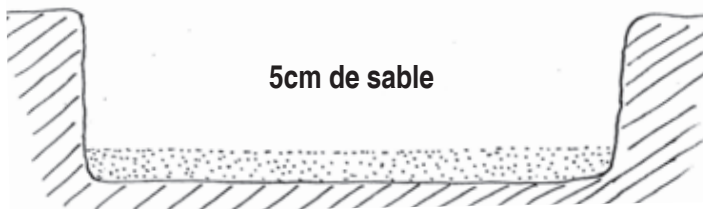


Creuser la fondation du four à une profondeur variant de 30 à 50 cm en fonction de la nature du sol: sablonneux : 50cm, argileux : 30 cm, etc. Sur le sol latéritique, on n'a pas besoin de creuser la fondation, il s'agira seulement de niveler l'emplacement choisi. La fondation du four se fait de la même façon que celle d'une maison, mais pour un mur de 1 mètre d'hauteur. La fonction de la fondation est de protéger le four de l'humidité et d'assurer sa stabilité



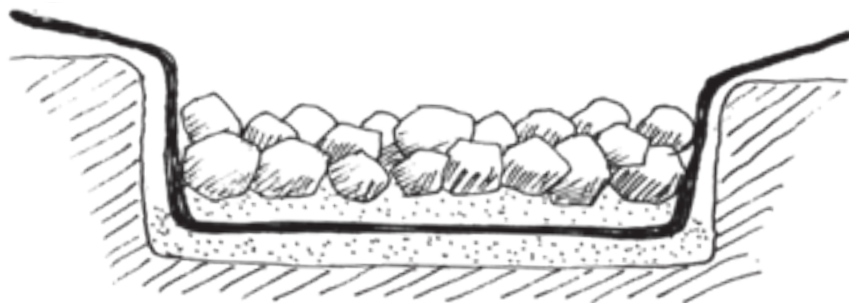
Une fois arrivé à la profondeur choisie, niveler le fond de la fosse.

Couvrir avec une couche de sable tamisé d'au moins 5 cm d'épaisseur.



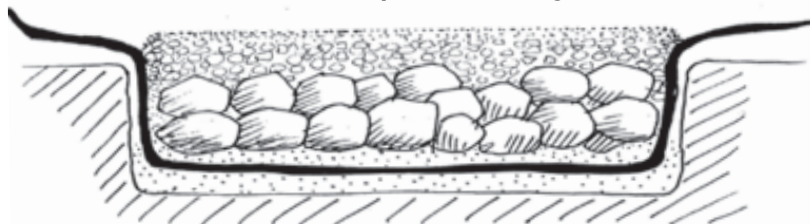
Placer de manière croisée deux feuilles de plastique au-dessus du sable pour imperméabiliser la base du four.

Le plastique doit se chevaucher sur les côtés de la fosse de 10cm. Le plastique doit être protégé afin qu'il ne soit pas percé par des pierres pointues. S'il ya des trous dans le plastique, il ne pourra plus empêcher les eaux souterraines de pénétrer dans la base du four.



Ajouter une couche de roches de rivière, puis une couche de graviers et enfin une couche de graviers mélangés au remblais jusque au dessus du niveau de sol pour éviter l'entrée d'eau dans la fondation. S'il n'y a pas de roches ou de graviers, on peut utiliser des débris de foyers céramiques.

Les roches, les pierres et les graviers.



La fondation doit être légèrement au-dessus du sol, mise à niveau et bien compactée. Il est conseillé de surélever le bord au-dessous du plastique pour éviter que de l'eau puisse couler dans la fondation.

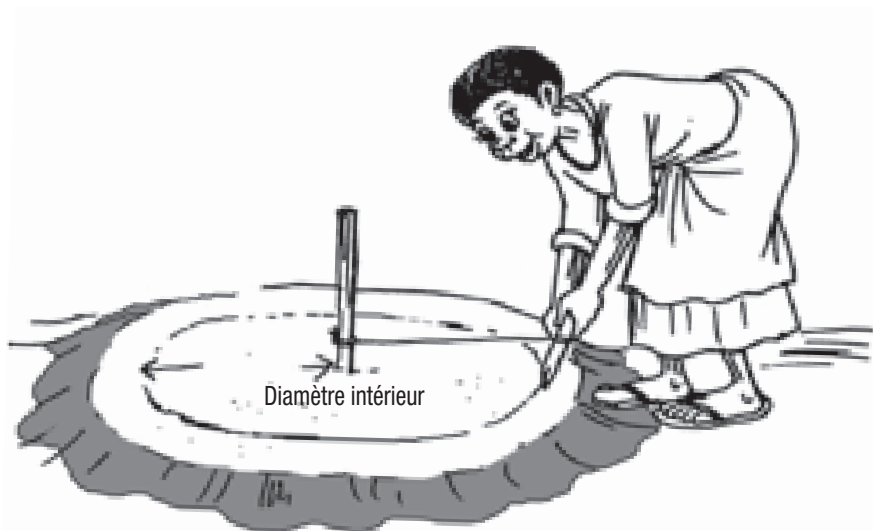


Marquage de la base du four

Retrouver le centre de la fondation et retracer la circonférence extérieure du four.

Marquer le rayon utile (rayon intérieur) du four selon les mesures déterminées avant.

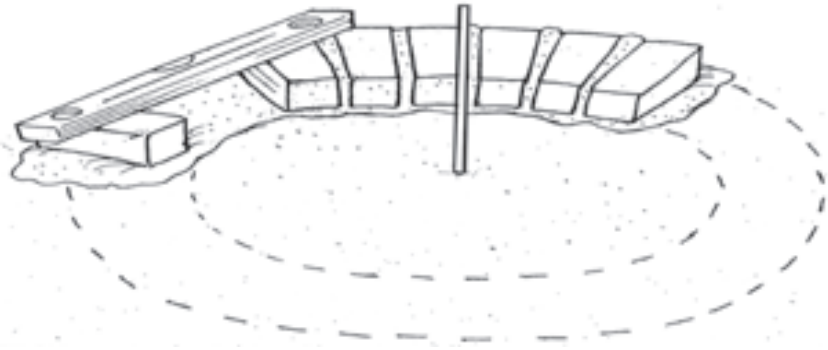
Typiquement le rayon utile d'un four petit varie entre 45-60 cm, celui d'un four grand entre 67-80 cm.



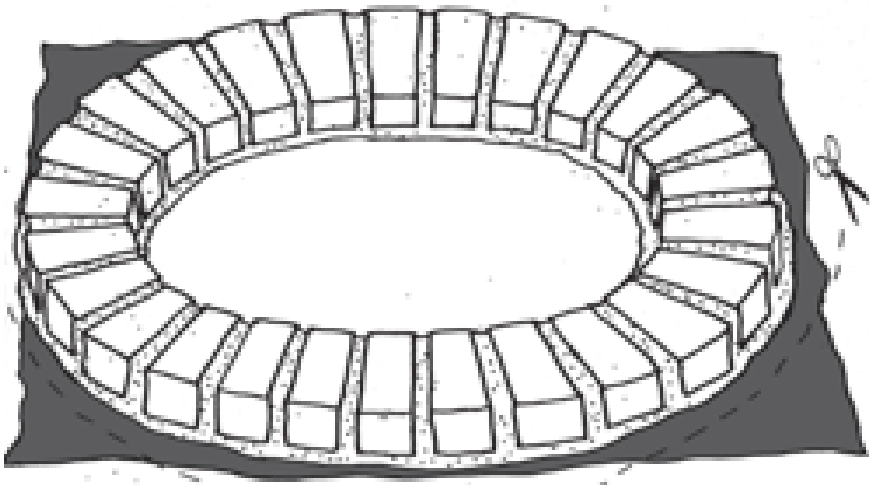
MARQUAGE DES CHAMBRES DE COMBUSTION

On commence avec les chambres de combustion du centre vers l'extérieur pour vérifier le diamètre du four. Il faut éviter des espaces froids entre le mur extérieur et les chambres de combustion extrêmes. Il vaut mieux de ne pas dépasser les 10 cm d'espace.

Après on place les briques cuites de la première couche qui constituera la base du mur du four. Contrôler le niveau de chaque brique quand il est positionné jusqu'à ce qu'on arrive au cercle complet. Vérifier que les briques soient bien droites.



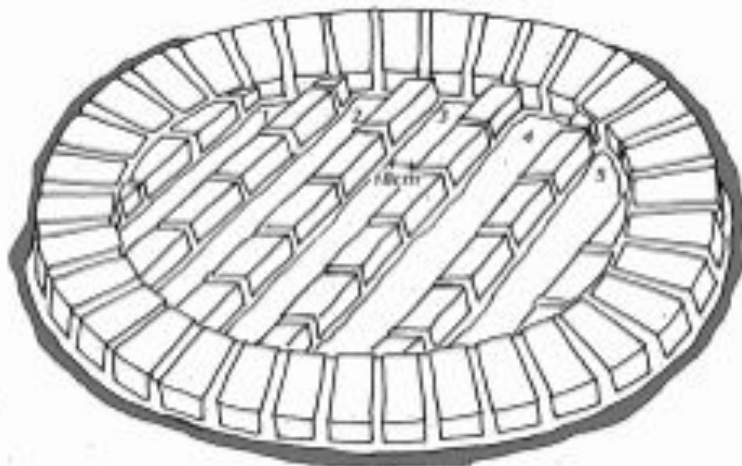
Couper la feuille plastique de sorte qu'elle dépasse par 10 cm le côté extérieur des briques.



D'abord on choisit l'orientation des chambres de combustion du four: Il faut les orienter à 45 degrés par rapport à la direction du vent dominant afin d'éviter que le vent ne traverse les chambres de combustion.

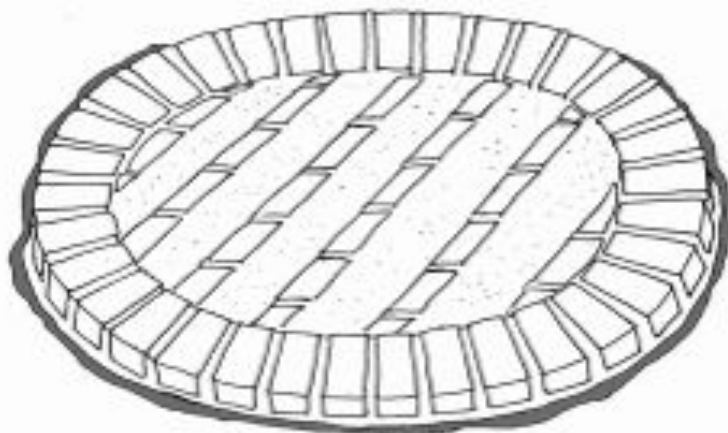
Placer les briques des murs des chambres de combustion. Pour un four petit avec 3 chambres de combustion il faut 4 murs. Le diamètre recommandé de chaque chambre de combustion est 18 cm.

Il faut 6 murs pour un grand four de 5 chambres de combustion, comme indiqué ci-dessous:



Exemple d'un grand four avec 5 chambres de combustion

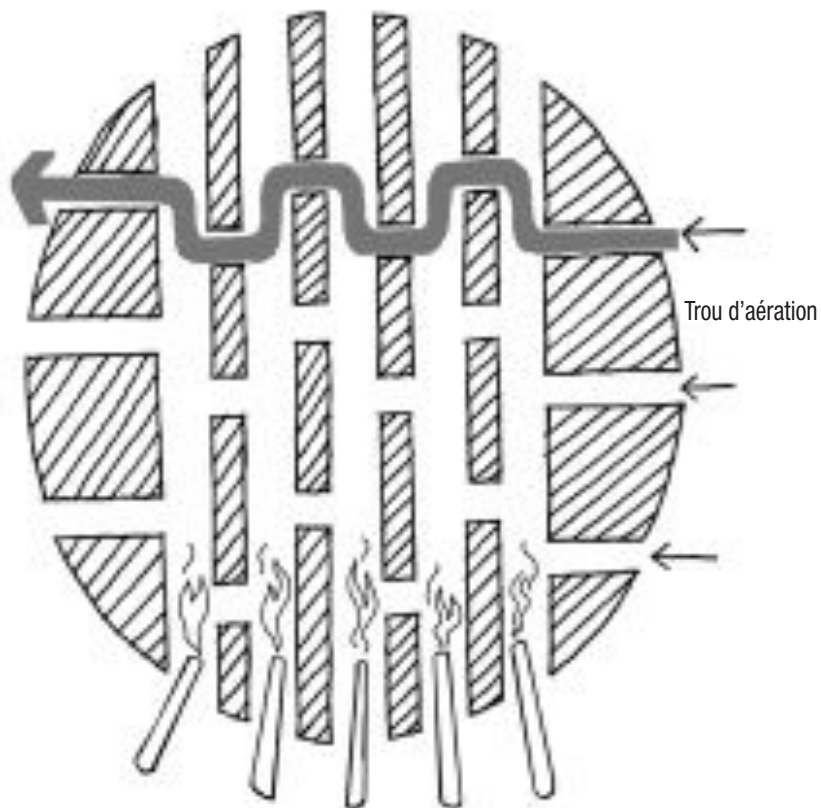
Remplir l'espace entre les murs des chambres de combustion avec de la boue ou du banco et compacter bien. C'est le sol des chambres de combustion.



CONSTRUCTION DES CHAMBRES DE COMBUSTION

Posez la deuxième couche de briques en laissant un trou d'aération d'une demi-brique (environ 10 cm) entre chaque brique des murs entre les chambres de combustion. Il faut décaler les trous pour éviter un chemin direct.

Il doit y avoir deux à trois trous d'aération dans le mur extérieur à chaque coté du four. Voir exemple du passage de l'air dans un grand four avec 5 chambres de combustion.

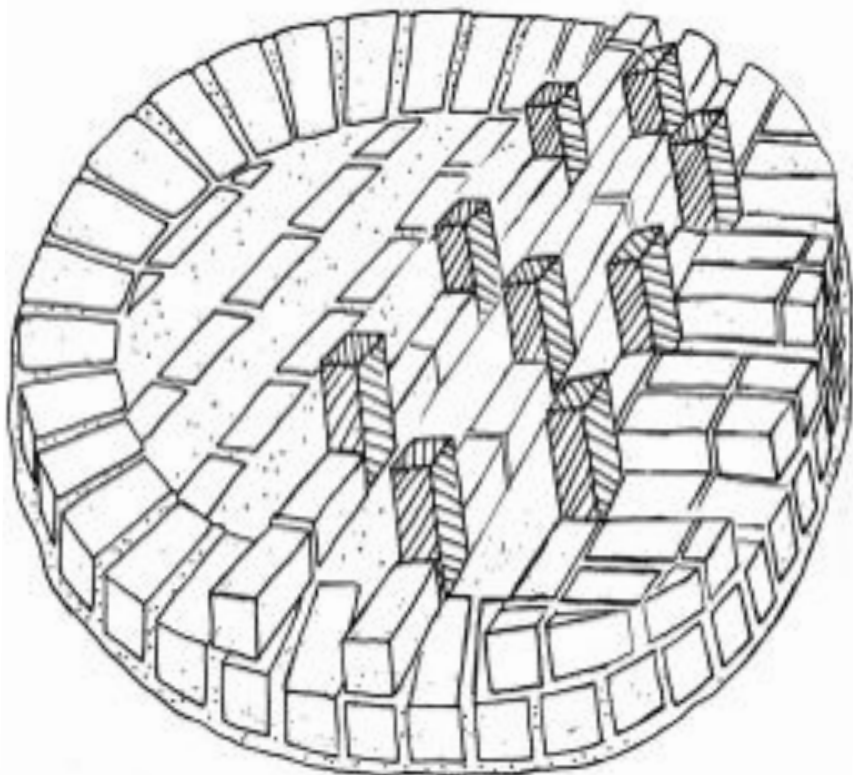


On peut utiliser des briques en position verticale comme garde-place temporaires pour marquer la position des trous de demi-brique.

Il faut connecter les trous des murs des chambres de combustion extrêmes avec l'extérieur du four pour faciliter l'entrée d'air au four.

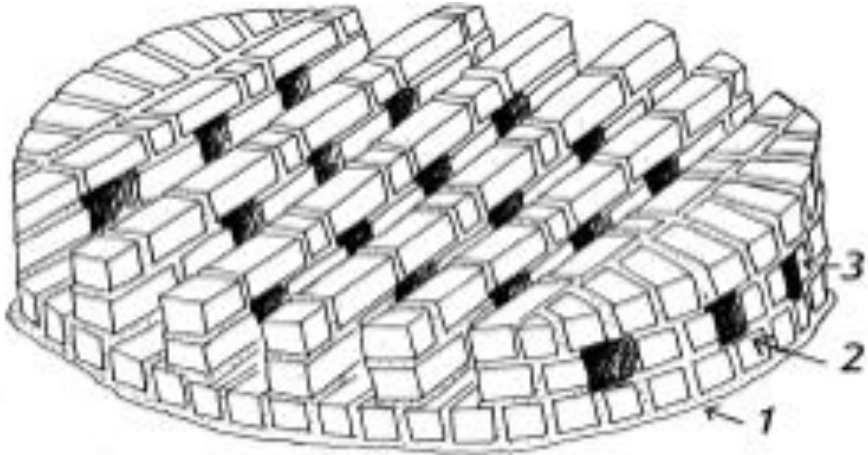
Après trouver la place appropriée de chaque brique en plat de la deuxième couche, on enlève les briques temporaires en vertical et on place tous les briques en place avec le liant.

Il faut assurer que tous les briques soient nivelles et bien droits.



La troisième couche de briques est la plus compliquée du four, car il faut enjamber tous les trous pour arriver à une surface nivelée et reprendre le rond du mur extérieur du four.

Ci-dessous un exemple d'un grand four avec 5 chambres de combustion et 3 trous d'aération de chaque côté du four.

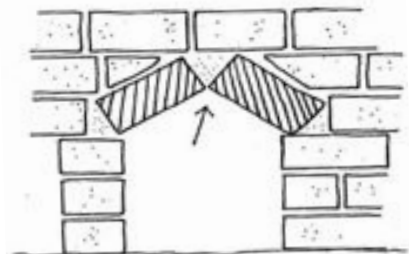
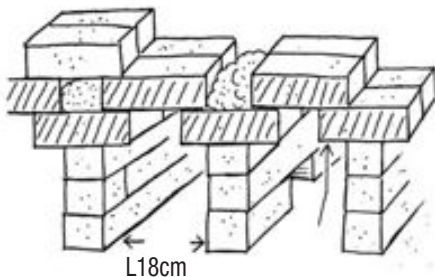


L'hauteur recommandée des chambres de combustion est entre 20-25 cm, dépendant des épaisseurs des briques disponible.

Si nécessaire il faut ajouter encore une couche de briques pour compléter les chambres de combustion.

L'hauteur est important de permettre pousser le bois dans le four sans déranger les produits à cuire placés au-dessus des murs des chambres de combustion.

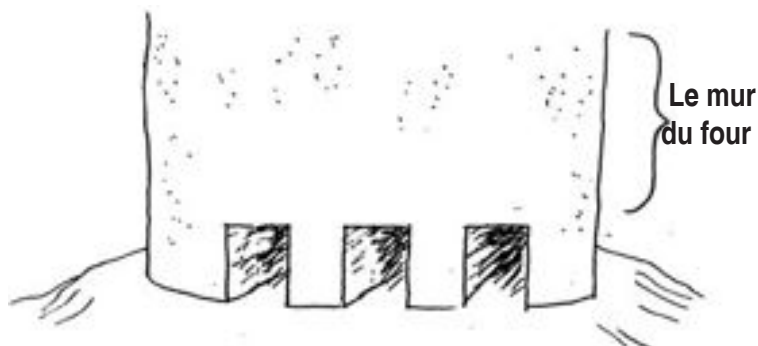
Il est important d'utiliser des briques cuits résistantes et de bonnes dimensions pour la dernière couche des chambres de combustion, car c'est la base où on place les produits à cuire. Il y a deux façons de construire une petite voûte au-dessus des entrées des chambres de combustion :



LE MUR DU FOUR

Maintenant le cercle du mur est complet et on continue couche après couche jusqu'à arriver à un hauteur de 75-90 cm au-dessus des chambres de combustion. Vérifier que le mur soit bien droit avec le niveau à bulle. Vérifier le diamètre intérieur avec la tige de l'axe central.

Pour le mur on peut utiliser des briques de banco.



Pour ceinturer le four la dernière couche de briques en haut du mur du four est entouré d'un fil de fer pour augmenter sa résistance à la pression interne des produits lors de la cuisson. C'est pour éviter que le four s'ouvre en haut.

En outre, le mur du four peut être renforcée à l'aide de grillage de poulailler de 50 cm de largeur enroulée autour du four et liée à l'aide de fil à ligaturer.

Le mur est recouvert à l'extérieur d'un mélange de cendres tamisées, d'argile, de bouses de vaches, de kaolin (terre blanche), d'un liquide obtenu à partir de tiges de gombo pilées et trempées dans l'eau.

Au Sénégal on ajoute 'lalo' (sève du baobab) comme glissant.

Pour le crépissage à l'intérieur, il est déconseillé d'y ajouter la bouse de vache.

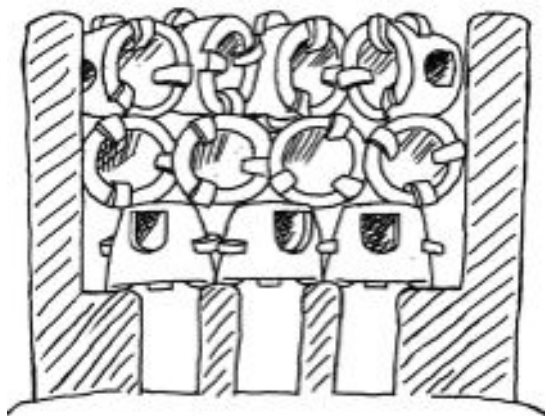
Il est conseillé d'ajouter des escaliers pour faciliter l'accès à l'intérieur du four.



Maintenant que le four est complété, il faut attendre trois à quatre semaines jusqu'à ce qu'il soit bien sec avant de le tester.

PRÉPARATION DE LA CUISSON

Placer les produits les plus lourds en bas et les plus légers en haut du four. S'il y a des vides, on peut les combler avec les débris des produits potiers cuits. Il est déconseillé de surcharger le four afin d'éviter que la couche la plus basse des produits se casse.



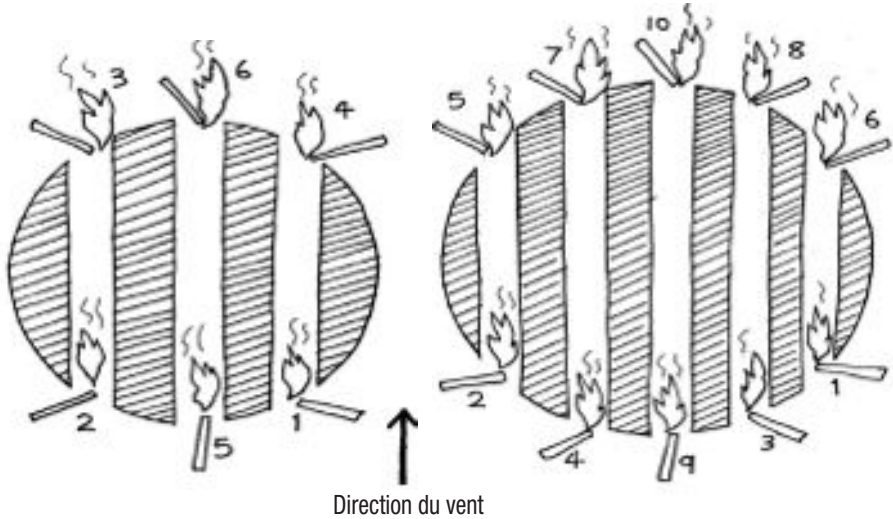
Quand le four est rempli, empiler les produits de manière à former une voûte qui dépasse la hauteur du four. Les espaces vides doivent être remplis avec des morceaux de produits céramiques cassés afin de former une voûte bien lisse.



Après le chargement, recouvrir le produit chargé par une fine couche de pailles assez résistante pour supporter environ 2 cm de banco afin de bien sceller le four. On crée des trous de 2 cm de diamètre avec deux doigts jusqu'à toucher les produits. Ces orifices créés servent de cheminées pour favoriser le tirage du feu.



Chauffer le four lentement et maintenir la température pendant 2-3 heures à environ 100 degrés Celsius (la température d'ébullition de l'eau) afin d'extraire l'humidité qui reste dans les produits céramiques. Si la température dans le four va au-delà du point d'ébullition de l'eau trop rapidement, les produits céramiques peuvent casser ou se fissurer à cause de la vapeur.



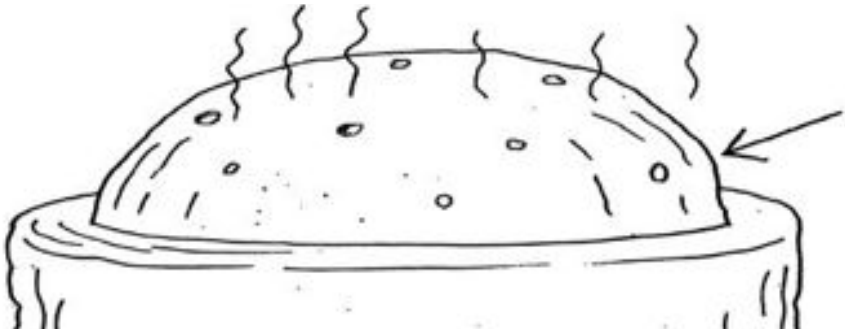
L'éclairage du four petit ou moyen

L'éclairage du grand four

Par temps venteux, commencer à allumer les chambres de combustion du côté de la direction du vent. On commence avec les chambres extrêmes.

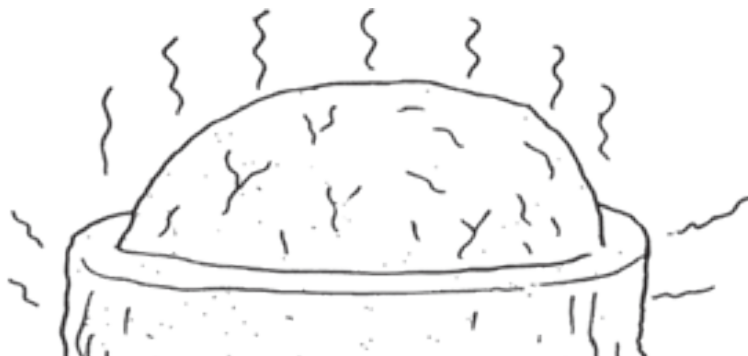
Maintenir un petit feu au début avant allumer la chambre centrale à la fin.

Il faut veiller à ce que les trous soient répartis de manière uniforme sur la surface de la voûte.

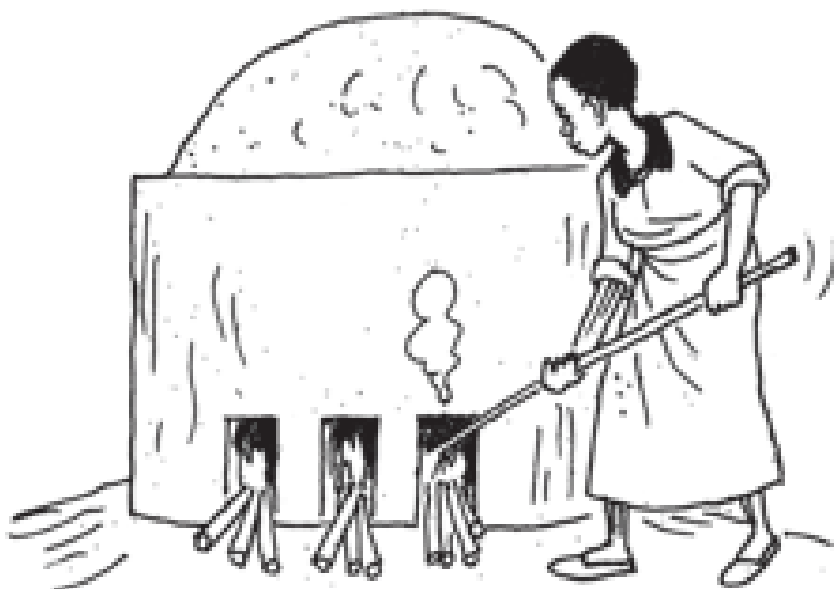


Réparer les fissures qui apparaissent sur la voûte temporaire de boue.

Si les fissures sont réparties régulièrement c'est une signe d'une distribution uniforme de la chaleur dans le four.



S'assurer que le feu est uniformément réparti à la longue des chambres de combustion. S'il y a trop de vent d'un côté, on peut augmenter le feu de l'autre côté ou boucher parcelllement le trou de la côté du vent pour réguler l'air dans le four.



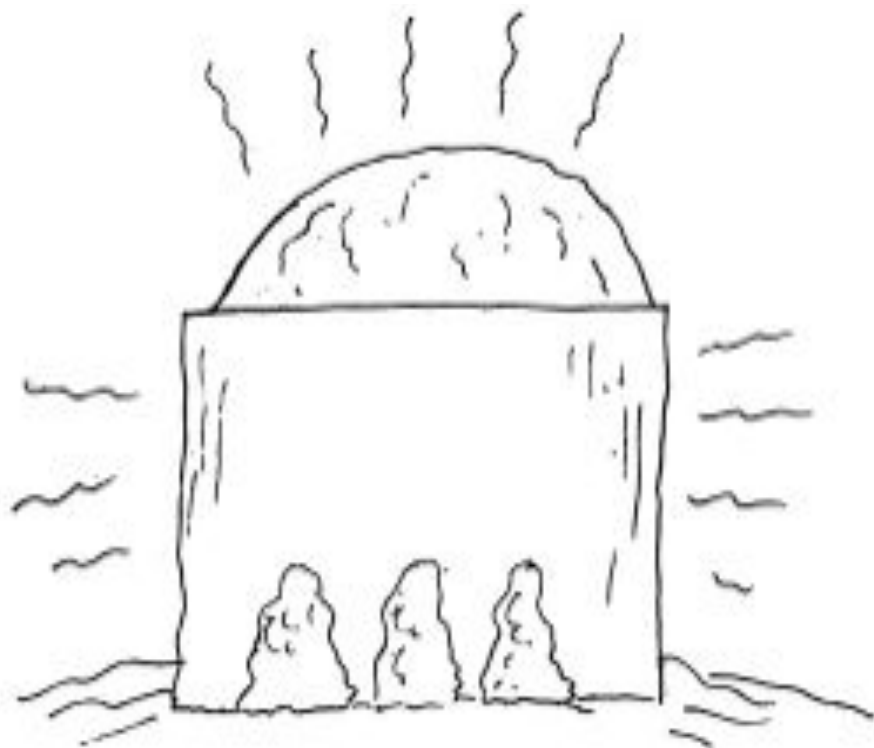
Si le vent est très fort, un bouclier peut être utilisée pour empêcher l'entrée excessive de vent.

INDICATEURS D'UNE CUISSON COMPLÈTÉ

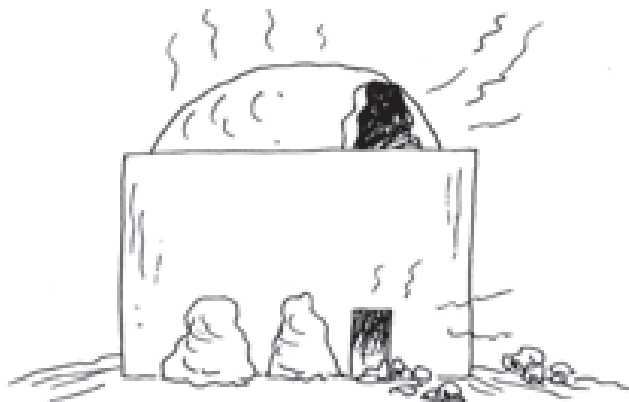
- La paille de la voûte brûle en cendres et on observe du couleur gris ou blanc autour les trous de cheminé de la voûte
- On observe les produits céramiques qui luisent à travers les trous de la voûte en haut ou les entrées des chambres de combustion en bas.

Remarque:

Une fois cette étape est atteinte, les produits céramiques sont bien cuits. Ensuite, fermez toutes les portes du four avec des briques et de la boue. Il faut retirer le bois non brûlé du four. Enfin, il faut fermer les trous d'air de la voûte.



Laisser le four se refroidir complètement pendant une journée entière. Le troisième jour après la cuisson, ouvrir les portes et la voûte avec soin. Si les produits sont encore chauds, ils pourraient se fissurer avec le vent froid.

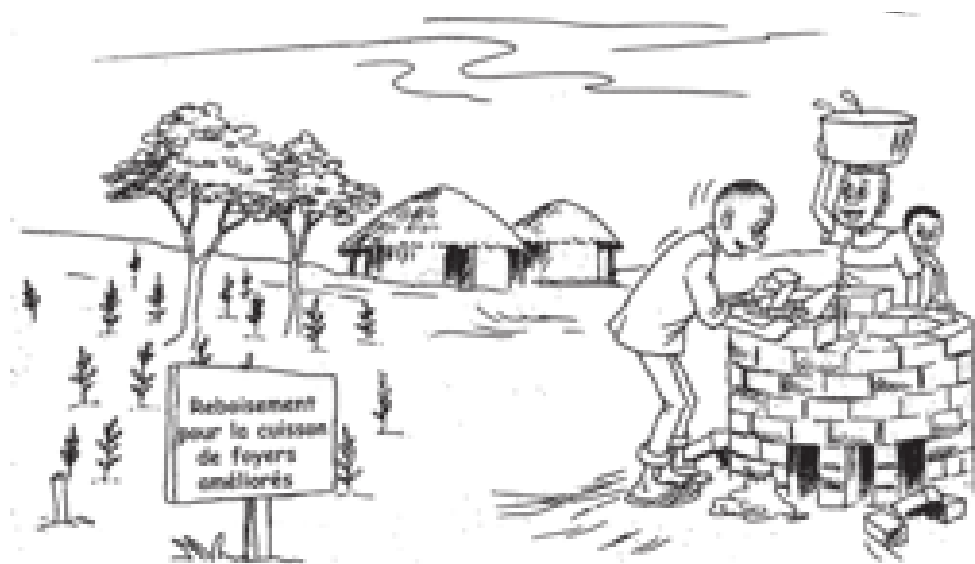


Quand on décharge le four, il faut inspecter chaque pièce céramique pour des fissures ou d'autres défauts. Il faut assurer que seulement les produits de bonne qualité devraient être commercialisés, sinon les clients pourraient être déçus et on crée une mauvaise publicité des produits.

MAINTENANCE ET ENTRETIEN

Après chaque cuisson, identifier les fissures dans le four, les affaissements de briques, et réparer le four immédiatement à l'intérieur comme à l'extérieur.





Les utilisateurs du four devraient planter des arbres afin d'alimenter de manière durable le four en bois énergie.

