

00574



HARBON   DE   OOIS

-----

PRODUCTION   ET   UTILISATION

A PETITE ECHELLE

### Les Avantages de Charbon

Si l'utilisation de charbon est si problématique, pourquoi est-il encore utilisé ? En réalité, le charbon est rarement utilisé dans les zones rurales. C'est dans l'environnement urbain que les avantages du charbon par rapport au bois sont les plus évidents :

- 1) a besoin de moins d'espace de stockage
- 2) peut être utilisé dans des petits fourneaux efficaces et pas chers.
- 3) ne se détériore pas pendant le stockage
- 4) ne doit pas être découpé
- 5) contient plus d'énergie pour le même poids
- 6) est moins cher à transporter
- 7) pollue moins (soit peu de fumée dans la cuisine et pollution de l'air en ville moins importante).

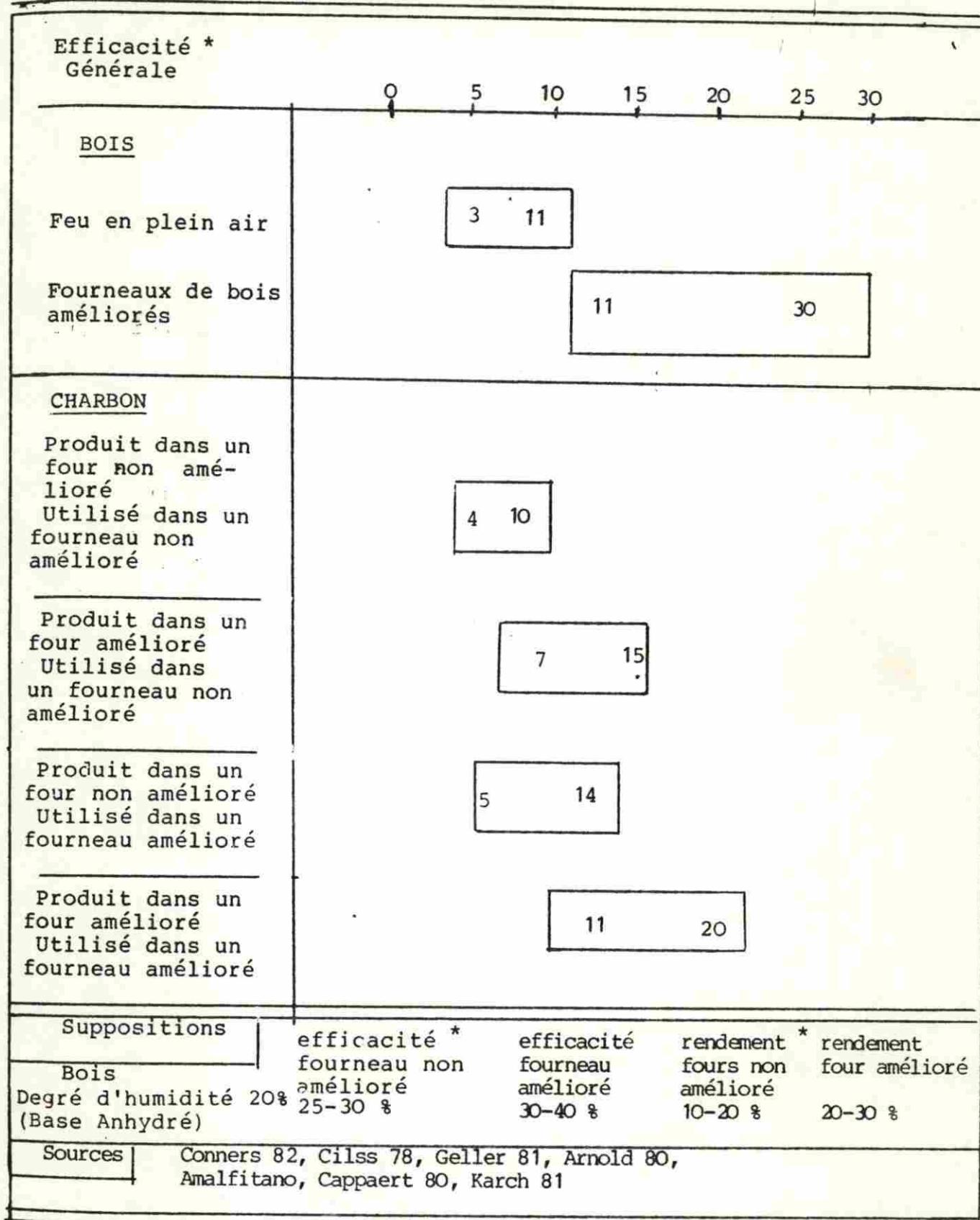
### A. Nouvelle Perspective sur l'Efficacité du Charbon

Si le charbon est produit et utilisé d'une manière efficace et raisonnable, il peut fournir les avantages cités ci-dessus et en plus il a l'avantage d'être une source d'énergie plus efficace que le bois de chauffe. Excepté lorsque le bois de chauffe est utilisé dans des fourneaux très efficaces.

Si des sources variées d'énergie sont comparées pour leur efficacité, alors le processus entier de production, de transport, et d'utilisation doit être considéré et pas seulement le processus de production. Regardons de plus près ce rapport en utilisant le graphique suivant tiré du tableau A en Appendice A.

.../...

Comparaison Générale de l'Efficacité de Bois et du Charbon



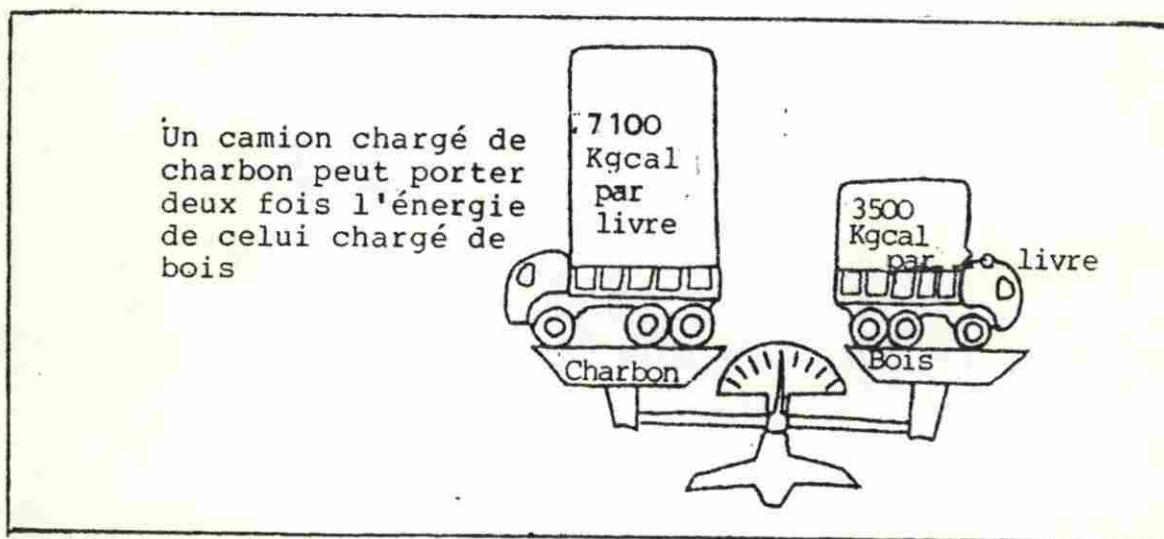
\* Voir lexique pour les définitions

.../...

Nous pouvons voir de ce tableau qu'il n'y a aucune différence dans l'efficacité générale quand on compare les feux en plein air et la technologie améliorée du charbon. Quand des améliorations sont faites sur des fours et fourneaux à charbon, le charbon apparaît une option de plus en plus attrayante. Bien que la production et l'utilisation améliorées du charbon ne soient pas aussi efficaces que les meilleurs fourneaux à bois améliorés, ce n'est pas non plus un processus aussi gaspilleur d'énergie qu'on le croyait auparavant.

### Les Avantages Economiques du Charbon

Comme vous le verrez dans les tableaux suivants, c'est au niveau du transport que le charbon a l' grâce au plus haut degré d'énergie contenu par unité de poids.



Les tableaux dans ce chapitre s'appliquent seulement aux conditions données dans chaque tableau. Pour obtenir des chiffres pour votre région, les renseignements suivants sont nécessaires :

1. le coût du bois pour le consommateur
2. le coût du charbon pour le consommateur
3. le coût du transport par tonne par les moyens de transport typiques de votre région.

4. Les coûts de production du bois et du charbon, ceux-ci peuvent être obtenus en soustrayant le coût du transport et d'autres coûts intermédiaires au coût du combustible pour le consommateur.

5. Les coûts d'autres combustibles courants

6. L'efficacité des fourneaux utilisés dans votre zone.  
Pour calculer ce chiffre vous aurez besoin du manuel  
VITA "Stove Testing Procedures" (voir bibliographie)

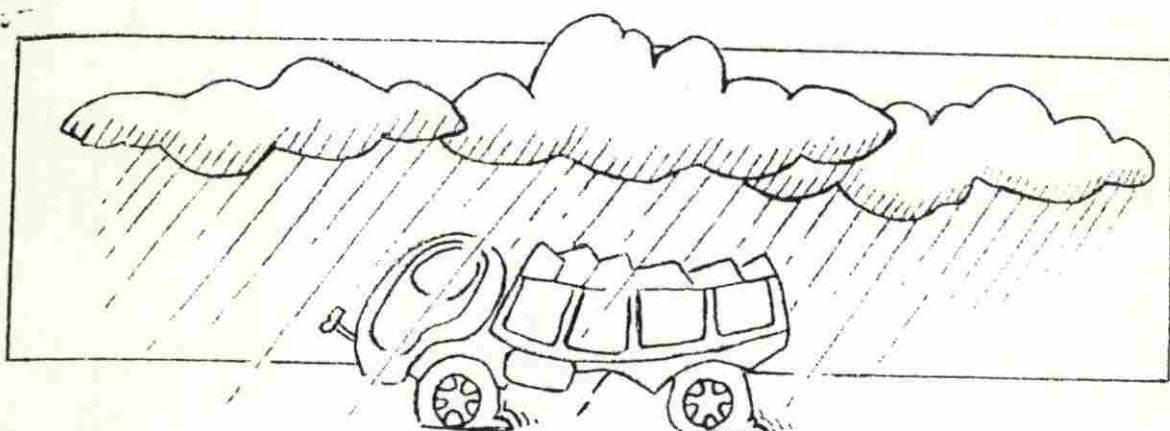
TABLEAU 1. L'Economie de Transport du bois par rapport au charbon

	Km	Coût du Voyage \$ par 10 tonne par Km	Coût du Voyage + Coût de Production \$ par 10 000 000 Kgcal Bois	Charbon
Coût du bois :	50	56	21	29
\$ 4.00/stère	55	61	22	30
	60	67	24	31
Production de	65	72	26	31
charbon	70	78	27	32
\$ 150/tonne	75	83	29	33
	80	89	31	34
3 stères = 1 T	85	94	33	34
	90	100	34	35
1 Tonne Bois	95	106	36	36
25 % degré d'humidité :	100	111	38	37
3 268 000 Kgcal	105	117	39	38
	110	122	41	38
1 Tonne de charbon	115	128	43	39
= 71 000 000 Kgcal	120	133	44	40

Ce tableau démontre que dans les conditions citées, l'utilisation du bois revient plus cher que l'utilisation du charbon si le voyage est plus de 95 kms. Evidemment pour les distances plus longues, il est plus économique (moins cher) de produire d'abord le charbon puis de le transporter.

.../...

Le facteur majeur qui affecte le transport de bois est le degré d'humidité. Un degré d'humidité plus élevé dans le bois ne réduit pas seulement la quantité d'énergie disponible puisque de l'énergie doit être utilisée pour faire évaporer l'eau, mais augmente aussi le poids par volume transporté.



#### B. Comparaison du Charbon, du Bois et des Autres Combustibles

Voyons plus loin maintenant et comparons le coût du charbon et du bois de chauffe à celui des autres combustibles. Les tableaux 2-9 donnent des coûts de 1980 exprimés en francs CFA.

..../....

TABLEAU 2. Coûts des Combustibles pour les Consommateurs  
ZONE URBAINE - Fourneaux Traditionnels

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/ 1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/l.	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	4 500	11,5/Kg	26,09	70	37,27
Charbon	Sac de 35 Kg	1 500	7,1/Kg	6,04	25	24,14
Bois	Stère de 350 Kg	2 000	1200 /st	1,67	7	23,85

Le Tableau 2 montre que le pétrole est le meilleur achat, et il constitue probablement le combustible le plus courant dans les villes de ce pays. Ceci, cependant, ne représente pas une situation libre de marché puisque le pétrole est subventionné par le gouvernement.

.../...

TABLEAU 3. Coûts Comparatifs pour le Consommateur

ZONE RURALE - fourneaux traditionnels

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/li	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	5500	11,5/Kg	31,88	70	45,55
Charbon	Sac de 35 Kg	750	7,1/Kg	3,02	25	12,07
Bois	Stère de 350 Kg	750	1200/St	0,63	7	9,00

Selon le tableau 3 (conditions : zone rurale, fourneaux traditionnels), le bois ou le charbon constitue le meilleur achat. Le gaz est rarement disponible dans les zones rurales et a été inclus à titre comparatif. Le charbon est lui-aussi, rarement disponible dans un village rural et rarement utilisé, même par les charbonniers eux-mêmes. A l'exception des zones où le bois manque ou pour des utilisations spéciales telles que pour forger, pour des préparations alimentaires spéciales, ou le repassage du linge, le rôle du charbon dans les zones rurales est d'être une source de revenu.

..../....

TABLEAU 4. Coûts Comparatifs des Combustibles pour le Consommateur  
ZONE URBAINE - Avec des Fourneaux d'Efficacité Améliorée

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal )	Coût/ 1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/li	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	4500	11,5/Kg	26,09	70	37,27
Charbon	Sac de 35 Kg	1500	7,1/Kg	6,04	40	15,10
Bois	Stère de 350 Kg	2000	1200/st	1,67	30	5,50

Dans le tableau 4, nous pouvons voir les effets d'une efficacité améliorée des fourneaux. Ici le bois devient le meilleur achat en étant 9,6 F/CFA/1000 Kgcal moins cher que le charbon. Il s'agit d'une assez grande différence à payer, mais les avantages notés plus haut peuvent valoir cette différence.

.../...

TABLEAU 5. Coûts Comparatifs des Combustibles

ZONE RURALE -- Fourneaux améliorés

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/li	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	5500	11,5/Kg	31,88	70	45,55
Charbon	Sac de 35 Kg	750	7,1/Kg	3,02	40	7,55
Bois	Stère de 350 Kg	750	1200/st.	0,63	30	2,10

Le Tableau 5 (situation : zone rurale et fourneaux améliorés) nous montre que la différence de coût entre le bois et le charbon est moins importante que précédemment, mais le coût est généralement plus bas pour le bois de chauffe. Ici les avantages du charbon sont probablement à la portée des villageois. Toutefois un surplus d'argent liquide est généralement inexistant dans les villages, et le coût du bois est d'habitude mesuré par rapport au temps nécessaire pour le ramasser.

A titre comparatif, le charbon est un produit payé en espèces, et, comme souligné ci-dessus, est très rarement utilisé dans les zones rurales. Ceci dit, et à partir des autres avantages notés préalablement, nous pouvons noter que le charbon est plus approprié pour l'utilisateur urbain.

Les tableaux 6 à 9 comparent les coûts des combustibles pour les consommateurs urbains en utilisant les variables relatives aux pratiques améliorées de production du bois, et à l'efficacité des fourneaux.

TABLEAU 6. Coûts Comparatifs des Combustibles pour le Consommateur

Améliorations dans la production de charbon  
Aucun changement dans l'efficacité des fourneaux.

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite
Pétrole	Litre	60	8,32/l	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	4500	11,5/Kg	26,09	70	37,27
Charbon	Sac de 350 Kgcal	850	7,1/Kg	3,42	25	13,68
Bois	Stère de 350 Stère	2000	1200/st.	1,67	7	23,86

TABLEAU 7. Coûts Comparatifs des Combustibles pour le Consommateur

Améliorations dans la Production du Bois et du Charbon (Urbain).

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/li	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	4500	11,5/Kg	26,09	70	37,27
Charbon	Sac de 35 Kg	850	7,1/Kg	3,42	25	13,68
Bois	Stère de 350 Kg	1200	1200/st.	1,00	7	14,29

TABLEAU 8. Coûts Comparatifs des Combustibles pour le Consommateur

Améliorations des fourneaux et de la Production du Charbon (Urbain).

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/li	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	4500	11,5/Kg	26,09	70	37,27
Charbon	Sac de 35 Kg	850	7,1/Kg	3,42	40	8,55
Bois	Stère de 350 Kg	2000	1200/st.	1,67	30	5,57

TABLEAU 9. Coûts Comparatifs des Combustibles pour le Consommateur

Améliorations des Fourneaux et de la Production du Charbon de Bois (Urbain).

Combustible	Unité de Mesure	Coût en (F/CFA)	Energie (en 1000 Kgcal)	Coût/1000 Kgcal	% efficacité du fourneau	Coût à la marmite 1000 Kgcal
Pétrole	Litre	60	8,32/li	7,21	40	18,03
Gaz	Réservoir de 15 Kg	4500	11,5/Kg	26,09	70	37,27
Charbon	Sac de 35 Kg	850	7,1/Kg	3,42	40	8,55
Bois	Stère de 350 Kg	1200	1200/st.	1,00	30	3,33

.../...

Les tableaux 6-9 montrent qu'à moins qu'un programme d'amélioration des fourneaux de bois soit lancé dans les villes, le charbon sera le combustible le moins cher pour l'utilisation urbaine, mais que si le bois est utilisé, alors il y aura des problèmes de pollution atmosphérique.

Les tableaux 6-9 ne tiennent pas compte de l'avantage lié au transport du charbon. Regardons notre analyse sur le transport du tableau 1. Le seuil à partir duquel le charbon devient plus économique est de 95 kms.

TABLEAU 10. L'Economie de Transport et du Bois par rapport au Charbon

Distance du voyage (en Km)	Voyage + Coût de Production par 10 000 000 Kgcal	
	Bois	Charbon
85	33	34
95	36	36
100	38	37

*non* Ceci suppose que toute la valeur de l'énergie transportée sera utilisée ; cependant des fourneaux ayant une efficacité de 100 % n'existent pas.

Les tableaux suivants montrent les effets des différentes efficacités des fourneaux sur les coûts comparatifs de transport entre le bois et le charbon. Si nous donnons les valeurs de 25 % d'efficacité pour des fourneaux de charbon et de 7 % d'efficacité pour les feux de bois ouverts, le seuil auquel le charbon devient plus économique est compris entre 5 et 20 kms.

TABLEAU 11. L'Economie de Transport du Bois par rapport au Charbon

Suppositions Efficacité du Feu en Plein Air 7 %	Distance du voyage en Km	Voyage + Coût de Production par 10 000 000 Kgcal	
		Bois	Charbon
	5	71	88
	10	100	92
	15	128	92

Si nous démarrons un programme d'amélioration des fourneaux à bois et réussissons à accroître leur efficacité à 35 %, le seuil auquel le charbon devient le plus économique se situe alors à environ 145 km.

TABLEAU 12. L'Economie de Transport de Bois par rapport au Charbon

Suppositions Efficacité du Fourneau à Bois 30 %	Distance du voyage en Km	Voyage + Coût de Production par 10 000 000 Kgcal	
		Bois	Charbon
	140	170	172
	145	176	176
	150	183	180

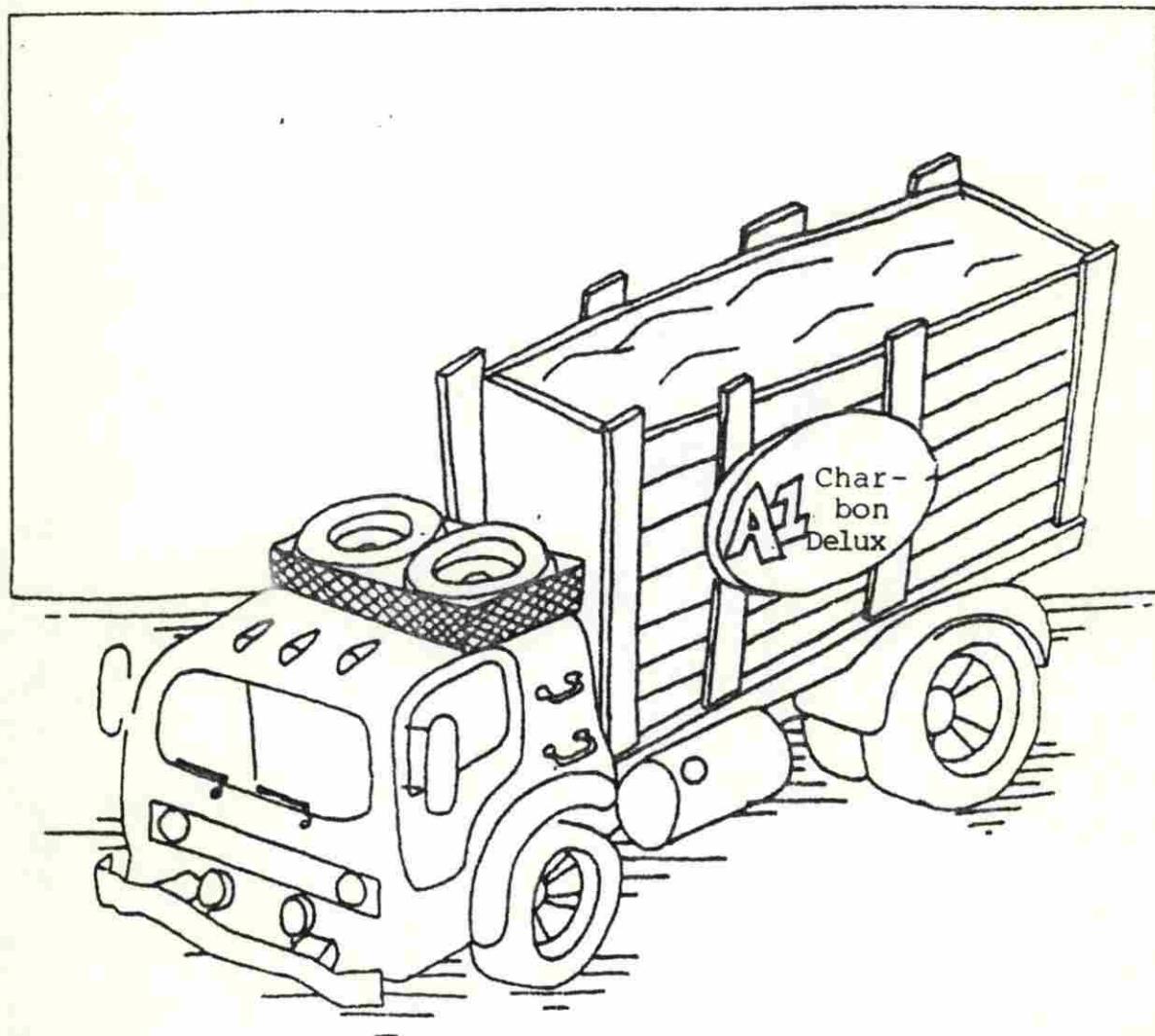
Si nous travaillons de même sur des fourneaux de charbon et améliorons leur efficacité à 40 %, le seuil auquel le charbon devient plus économique est compris entre 55 et 60 km.

.../...

TABLEAU 13. L'Economie de Transport du Bois par rapport au Charbon

Suppositions	Distance du voyage en Km	Voyage + Coût de Production par 10 000 000 Kgcal	
		Bois	Charbon
Efficacité du Fourneau à Bois 30 %	50	70	72
Efficacité du Fourneau à Charbon 40 %	55	73	75
	60	80	77

En résumé, le charbon peut jouer le rôle d'un combustible efficace et économique même dans une zone où il y a une pénurie de combustible. Il est surtout utile pour couvrir les besoins urbains en combustibles.



## CHAPITRE 4. CARBONISATION

Le charbon est le bois carbonisé en l'absence d'air. Dans des termes légèrement plus techniques le véritable processus est la distillation destructive des matières organiques dans un environnement presque sans oxygène.

Lors de ce processus, l'eau, le goudron et d'autres substances sont chassés par application de la chaleur. Une substance composée principalement de carbone (80 % +) est produite mais elle comprend aussi des hydrostatiques (10-20 %), des cendres (.5-10 %), et des traces des minéraux variés tels que le soufre et le phosphore. A cause de son manque d'humidité et de la haute teneur en carbone, le charbon contient de grandes quantités d'énergie. La quantité d'énergie qu'il contient est deux fois supérieure à celle contenue dans un même poids de bois séché à l'air.

Le processus par lequel des matériaux organiques deviennent du charbon est appelé carbonisation, et peut être scindé en quatre phases distinctes : la combustion, la déshydratation, l'exothermie, et le refroidissement. Toutes ces phases peuvent se produire dans le four en même temps, mais chaque morceau de bois doit passer à travers cette série de quatre phases. Le temps nécessaire pour chacune des différentes étapes dépend de plusieurs facteurs :

taille du four

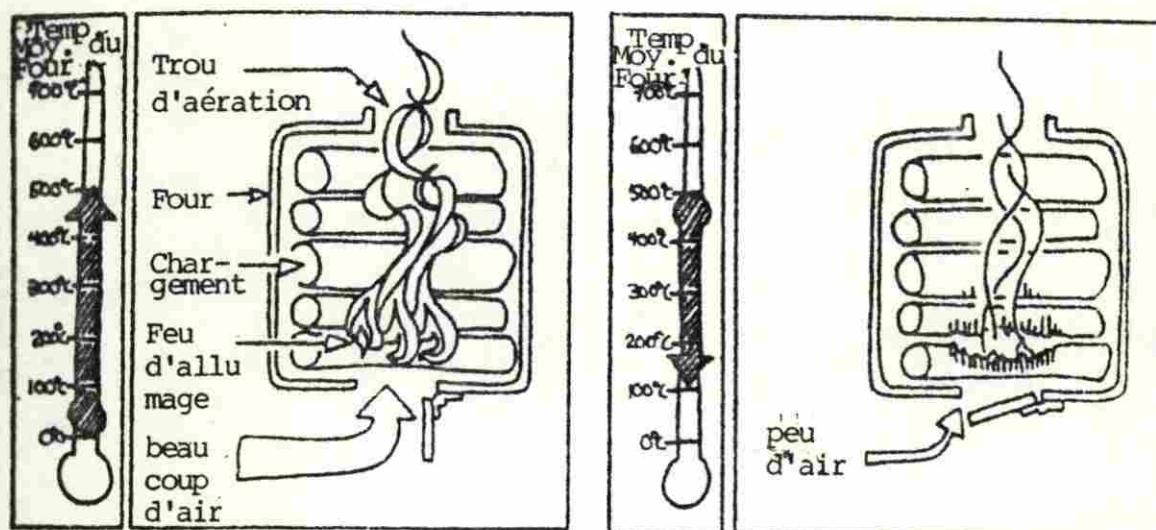
degré d'humidité de bois

procédé d'opération \$ météorologiques

Celles-ci sont discutées plus en détail au chapitre 5.

### Combustion

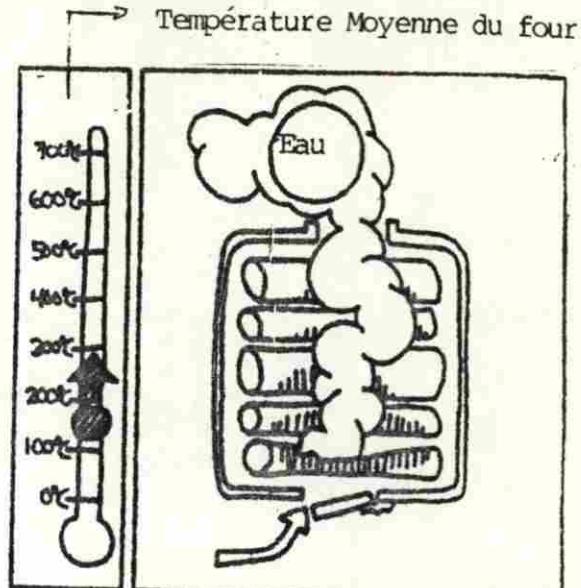
La phase de combustion est la seule phase du processus de carbonisation pendant laquelle de grandes quantités d'oxygène sont nécessaires. Dans cette phase, un feu est allumé dans une partie du chargement jusqu'à ce que la partie brûle bien. Lors de cette étape la température du four passe de la température ambiante à plus de 500°C. Après que la combustion ait été achevée, l'oxygène est grandement réduite et la température du four retombe jusqu'à 120°C.



.../...

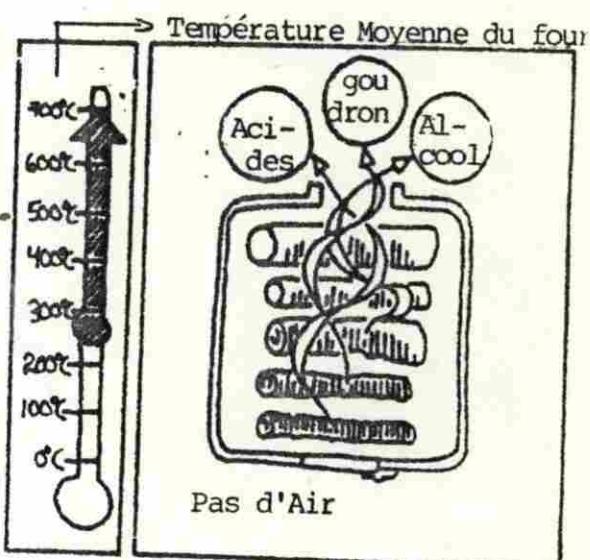
## Déshydratation

La chaleur fournie par la combustion chasse l'humidité du chargement sous forme de vapeur. En même temps que le chargement sèche, la température grimpe lentement à environ 270°C. La déshydratation continue jusqu'à ce que toute l'humidité soit refoulée



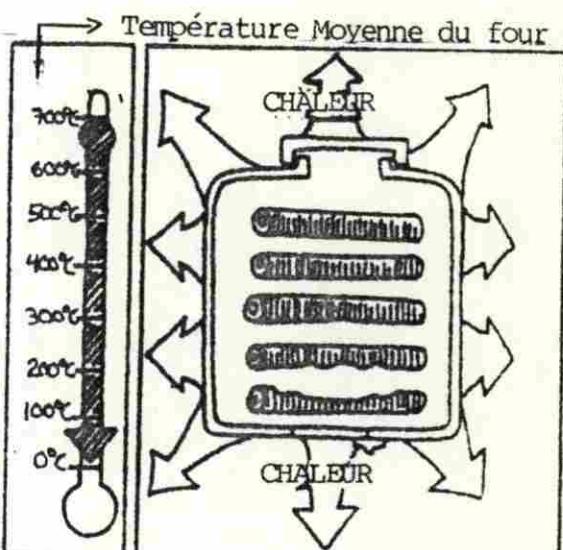
## Exothermique

Dès que la déshydratation est achevée, le bois lui-même commence à se décomposer. Ceci est la phase exothermique, l'air est complètement coupé à ce niveau. Les produits principaux de cette décomposition sont l'acide acétique, l'alcool méthylique, et le goudron. Pendant le déroulement de cette phase, la température grimpe à 700°C.



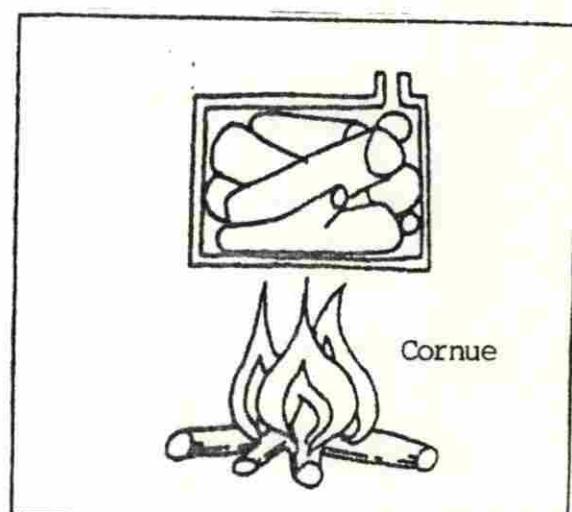
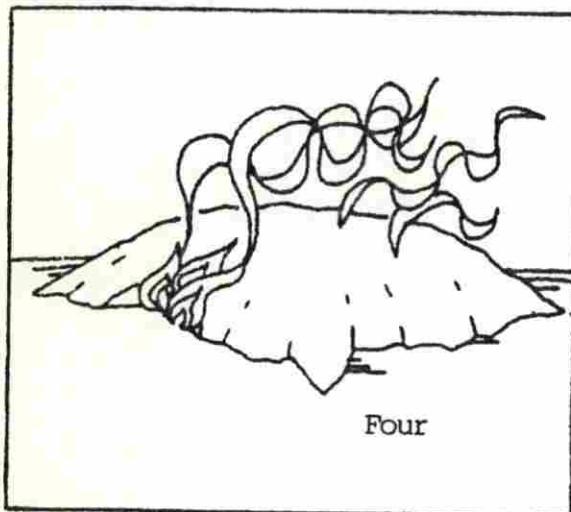
## Refroidissement

L'étape de refroidissement dans le four permet à la température du charbon de tomber jusqu'à ce qu'il puisse être sorti du four.



## CHAPITRE 5 : APPAREILS DE FABRICATION DU CHARBON

La fonction des appareils de fabrication du charbon est de contrôler la quantité d'oxygène qui peut arriver au bois. Ceci est possible avec un couvercle inflammable. Les appareils de fabrication du charbon peuvent être classifiés soit comme des fours (dans lesquels une partie du chargement est brûlée pour engendrer le processus de carbonisation), ou des cornues (dans lesquelles la chaleur nécessaire pour carboniser le chargement est appliquée de l'extérieur de la coquille de l'appareil). Les cornues seront traitées plus loin dans le chapitre 8.



### Les Parties Essentielles d'un Four

Afin de fonctionner, les fours doivent remplir les conditions suivantes :

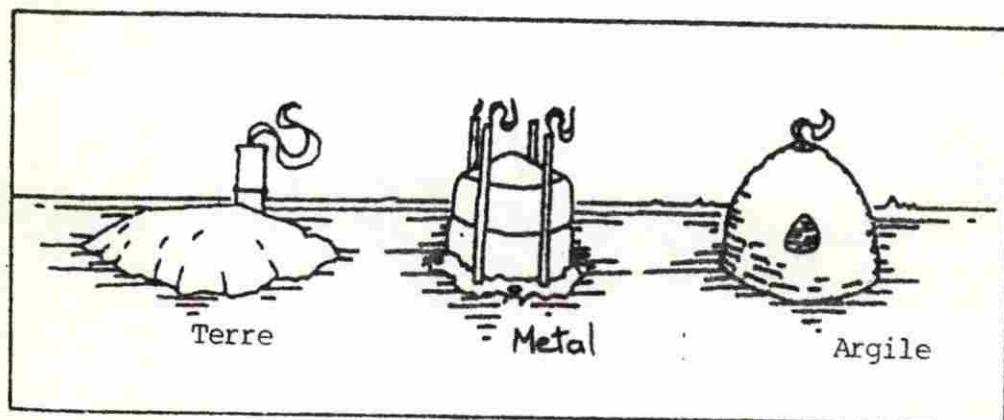
.../...

1. Un chargement d'une matière organique. N'importe quelle matière organique, de l'herbe aux arbres peut être transformée en charbon. Le type de matière première avec laquelle vous commencerez, déterminera le type de charbon produit et la facilité de production.

Les bois durs produiront un charbon dense et dur, tandis que les bois légers produiront un charbon léger et plus mou. Le charbon fabriqué à partir d'écorce aura un contenu en cendres plus élevé qui peut occasionner des problèmes dans certaines applications industrielles. Des petits matériaux divisés finement telles que l'herbe ou la sciure produiront un charbon qui aura besoin d'être mis en briquettes pour être utiliser. Les bois résineux peuvent donner un charbon qui produit une flamme de résines résiduelles et peuvent donner un mauvais goût à la nourriture.

2. La Source de la chaleur. Une certaine provision doit être faite pour allumer le four. L'allumage peut être effectué par l'allumage d'une partie du chargement, ou en versant des charbons ardents d'un feu extérieur dans le four.

3. Le Couvercle. Le couvercle contrôle la quantité d'oxygène qui arrive au chargement. Il peut être fait d'une variété de matériaux différents, comme de la terre, du métal, de la maçonnerie, du ciment, et de l'argile.



4. Le trou d'aération. Des petites quantités d'air sont nécessaires pour soutenir le processus de carbonisation jusqu'à ce que la réaction exothermique prenne la suite. Cette fonction est remplie par le trou d'aération qui peut être un trou fait dans le couvercle, une couverture de terre sableuse qui permet à une certaine quantité d'air d'entrer, ou même des systèmes de contrôle automatiques.

5. L'échappement. Dans certains cas les fonctions d'entrée d'air et d'échappement peuvent être remplies par la même ouverture. En général il y a une ouverture distincte pour l'échappement, laquelle peut être seulement un trou percé dans le couvercle ou une structure séparée telle qu'une cheminée.

#### CARACTERISTIQUES D'UN BON FOUR

Un bon four est celui que les gens utilisent. Un haut rendement est évidemment souhaitable, mais ne doit pas être surévalué. Le four le plus efficace est inutile si les gens ne peuvent pas ou ne veulent pas l'utiliser. Etudions quelques-unes des qualités qu'un bon four doit avoir.

#### L'accord Socio-Culturel

Le four doit s'accorder avec les conditions locales et correspondre aux besoins des gens, à ce qu'ils peuvent payer, et à leur aptitude. Le four doit être installé avec les gens qui vont éventuellement l'utiliser. De cette façon, le four devient leur technologie et est plus susceptible d'être accepté.

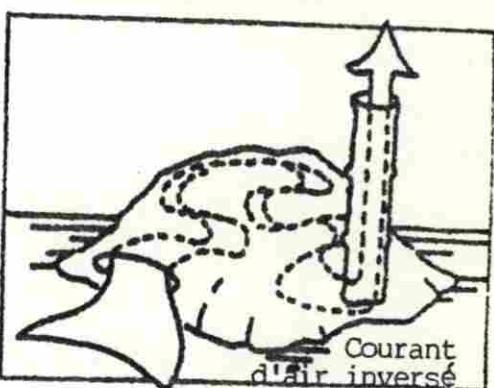
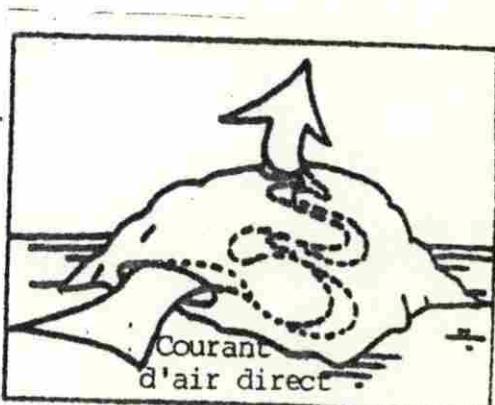
.../...

### Coût Réduit

Le sens commun dicte qu'un outil doit être aussi bon marché que possible à condition qu'il accomplisse la tâche comme prévu. On doit donc mettre l'accent sur l'utilisation des matériaux localement disponibles. Un autre élément à considérer est le manque de moyens financiers de la plupart des charbonniers. Peu de charbonniers peuvent financer un investissement même modeste avec l'espoir d'une efficacité accrue pouvant rembourser les frais encourus.

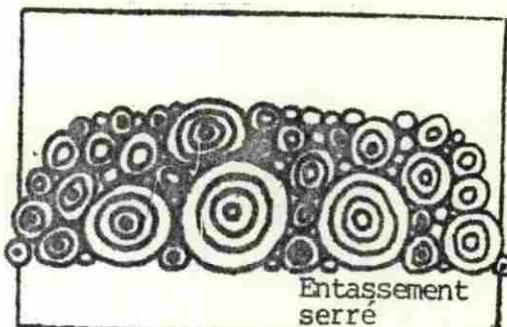
### Long Circuit du Gaz

Un long circuit du gaz permet que la chaleur produite par la carbonisation soit disponible pour chauffer le reste du chargement. Dans un four, il y a deux façons de diriger les gaz chauds : un courant d'air direct et un courant d'air inversé. Dans un four à courant d'air direct, l'air entre au fond, alimente le processus de carbonisation, et sort en haut du four. Un four à courant d'air inversé est mis en route de la même manière qu'un four à courant d'air direct, mais après la chauffe, les gaz circulent d'abord en haut, puis en bas. Les gaz donnent de la chaleur, enlèvent l'humidité du chargement, et sortent finalement du fond du four par une cheminée externe qui est nécessaire pour fournir un courant d'air montant.

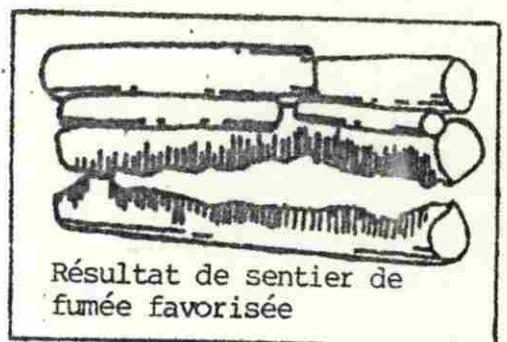


## Entassement Serre

Un entassement serré permet d'entasser plus de bois dans le four sans agrandir le four. Cela crée un espace important où les gaz peuvent serpenter à travers le four. En outre, en entassement serré diminue la possibilité d'effondrement dans les fours couverts de terre. Une densité uniforme du chargement lui permet de se déposer pendant qu'il se rétrécit. Le transfert de chaleur à l'intérieur du four est aussi facilité par un entassement serré. L'entassement doit empêcher la constitution de chemins d'air avantageés où le bois serait totalement consommé alors que le reste du chargement serait pratiquement intact.



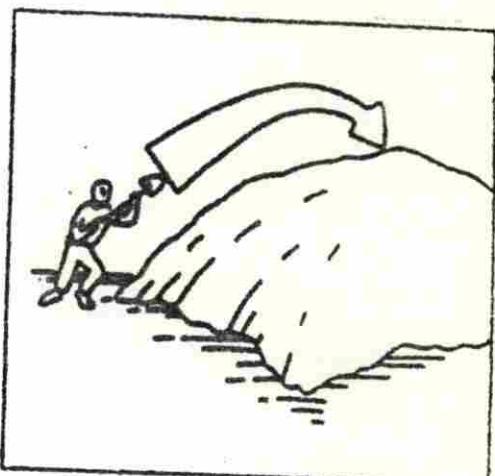
Entassement serré



Résultat de sentier de fumée favorisée

## Taille Appropriée

En général, plus le four est grand, plus il est efficace. Il y a, bien sûr, une limite. A moins que l'équipement lourd ne soit utilisé, le four doit rester à une taille rendant possible le travail de l'homme. Les considérations tels que le nombre d'ouvriers disponibles, la quantité de matières disponibles et la distance à laquelle la terre peut être jetée pour couvrir le four, doivent être pris en compte.



.../...

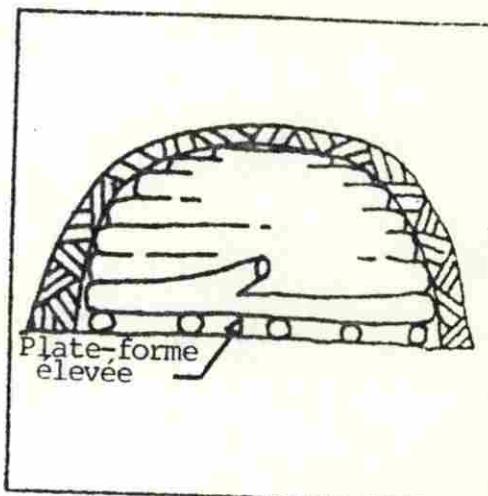
## La Collection des Substances Volatiles

Les substances volatiles peuvent être considérées en utilisant des cheminées avec déflecteurs. Les substances volatiles condensées peuvent être utilisées en tant que conservateurs de bois ou combustibles, ou peuvent être raffinées en produits chimiques de base.



### Pas de Points Chauds

La quantité d'air appropriée doit être distribuée uniformément pour promouvoir une carbonisation égale. Une façon d'obtenir ce résultat est de placer le chargement sur une plate-forme élevée pour permettre à l'air d'aller où il doit aller. Le four de Casamance va encore plus loin en utilisant une chambre d'échange d'air circonférentielle autour de la base du four.



### Vitesse

La quantité de charbon produite et le revenu du charbonnier sont fonction de la vitesse avec laquelle le four carbonise, sans toutefois réduire la quantité ou la qualité du charbon obtenu.

### Utilisation Efficace de la Main d'Oeuvre

Notez que ceci n'implique pas "moins de main d'oeuvre". D'un point de vue économique il n'est pas conseillé de substituer le capital à la main d'oeuvre dans une économie présentant un excédent de main d'oeuvre. Ceci est surtout vrai dans les zones rurales où les difficultés rencontrées pour se procurer des revenus en espèces sont à la base des problèmes de migration urbaine.

.../...

## CHAPITRE 6 : OPERATION DU FOUR

Le procédé d'opération esquissé dans ce chapitre s'applique à la plupart des fours. Seuls les outils de base tels que les pelles, les haches, les cies et les rateaux sont nécessaires pour l'opération du four. Des appareils de production de charbon fonctionnant différemment seront traités dans le chapitre 8.

### L'Influence de la Météorologie

Les conditions météorologiques peuvent influencer le processus du four. La plus évidente est la pluie, qui augmente le temps de carbonisation et fait quelque peu baisser le rendement. L'humidité du sol peut aussi déterminer le degré de facilité de construction et d'extinction du four.

### Sélection du site

Choisissez un site pour le four proche de la source de bois. Dégagez les pierres et la terre molle de la zone en laissant trois mètres autour du four achevé. Ceci n'est pas fait tant pour la protection contre le feu, que pour donner une surface nette pour étaler le charbon et diminuer la quantité des impuretés mélangées avec le charbon.

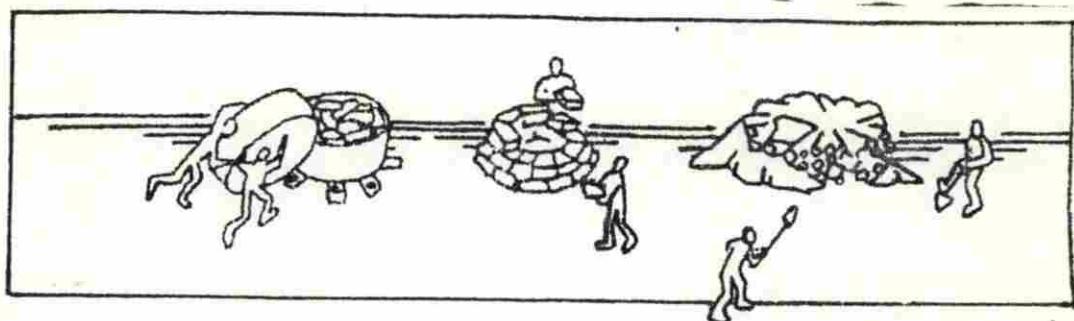
### Ramassage du bois

L'étape suivant consiste à couper le bois. De grands fours en terre carboniseront des morceaux jusqu'à un mètre en diamètre. Certains fours ont besoin de bois de même taille, de même degré d'humidité et provenant des mêmes espèces, tandis que d'autres supportent mieux la variation. Il est nécessaire d'avoir quelques petits matériaux disponibles pour un entassement.

..../...

### Préparation du four

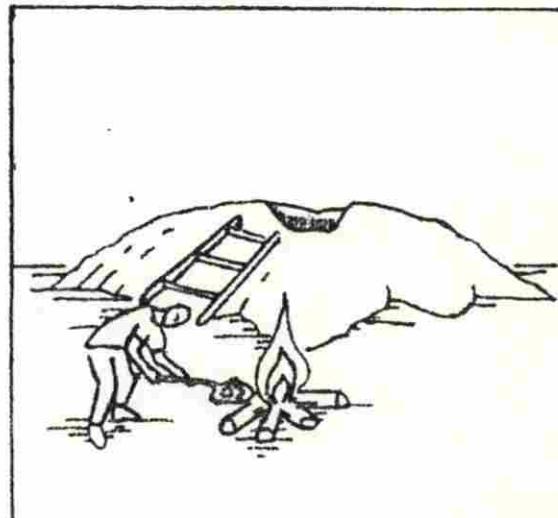
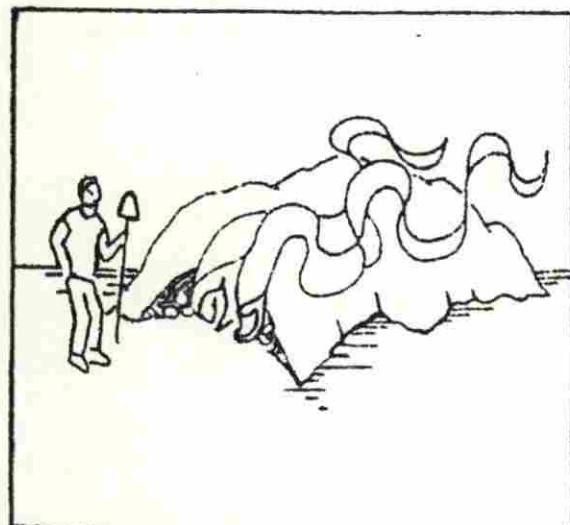
Le four est monté ou construit sur le site et chargé de bois. La méthode de chargement sera différente pour chaque type du four et sera discutée au chapitre 7.



### Allumage du four

Un bon lit de charbons ardents est nécessaire au sein du chargement afin de démarrer le processus de carbonisation. Il y a deux façons de réaliser ce lit.

La première est d'allumer un feu dans une petite section du four. Cette méthode nécessite une certaine habileté pour avoir suffisamment de charbons ardents sans brûler trop du chargement. La deuxième est de placer des charbons ardents d'un autre feu, dans le chargement. Cette méthode est plus facile à contrôler et peut augmenter la température plus rapidement.



Dix à vingt minutes après l'allumage, une fumée épaisse doit se dégager par vagues à partir du four. Si le bois est très sec ce temps sera plus court. A ce point toutes les ouvertures d'allumage doivent être fermées mais les trous d'aération doivent rester ouverts. Si c'est un four à courants d'air inverses, la ou les cheminée(s) doit (doivent) être ouverte(s) quand le trou d'aération d'en haut est fermé.

Dès que les ouvertures d'allumage sont fermées, le volume de fumée se réduit considérablement. Le four peut sembler mort mais il s'ajuste à la baisse de niveau d'oxygène et à la perte de chaleur dans le reste du chargement. A un certain moment, il doit commencer à reprendre.

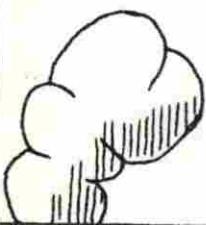
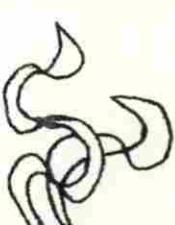
#### Observation du Progrès d'un Four

Maintenant que le processus de carbonisation a commencé, il est important de pouvoir suivre sa progression pour laisser à l'opération un temps suffisant. Dans certains types de fours, le chargement entier passe à peu près en même temps à travers chaque phase de carbonisation. Cependant, dans la plupart des fours, le bois carbonise sur un front se déplaçant lentement. Le tableau ci-dessous présente quelques-uns des signes qui indiquent ce qui se passe dans le four.

.../...

LA SUIVIE DU PROCESSUS DE CARBONISATION (TOUS LES FOURS)

ALLUMAGE ----- CARBONISATION ----- REFROI-  
COMPLETE DISSEMENT

					
Type de fumée	Epaisse, foncée	Epaisse, blanche, houleuse, quand l'humidité est chassée	Fumée légère et jaune quand le bois commence à se décomposer	Fumée plus épaisse et bleue quand le charbon commence à brûler	Aucune
Odeur de la fumée	Comme du bois brûlant		Alcool et Méthane	Charbon en train de brûler	Aucune
Sensation de la fumée	Chaud	Frais, Humide	Plus chaud	Chaud	Aucune

**Tem-  
pérature  
de la sur-  
face du  
four** En touchant le four pour sentir où se trouve la chaleur, vous pouvez trouver où le front de carbonisation est situé dans le four.

**Son du  
four** Au fur et à mesure que le bois carbonise vous entendrez des coups secs et des craquements dans les différentes parties du four qui résulte du rétrécissement.

**Temps** Après avoir fait plusieurs cycles de production avec un certain modèle de four vous pouvez faire une estimation raisonnable sur comment il avance seulement en sachant depuis combien de temps il est allumé.

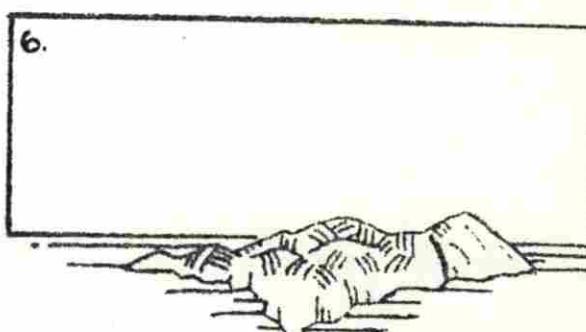
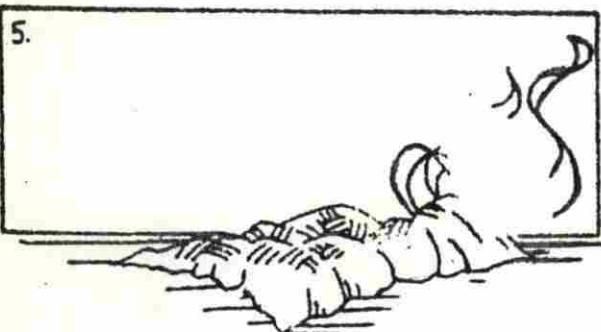
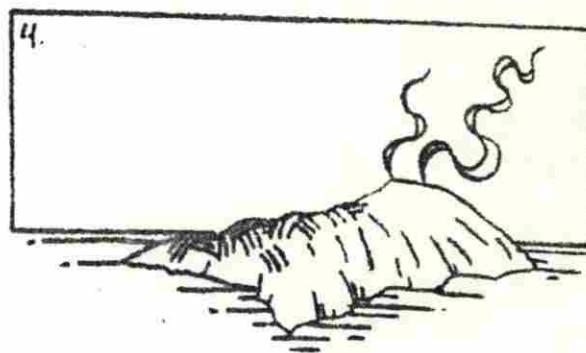
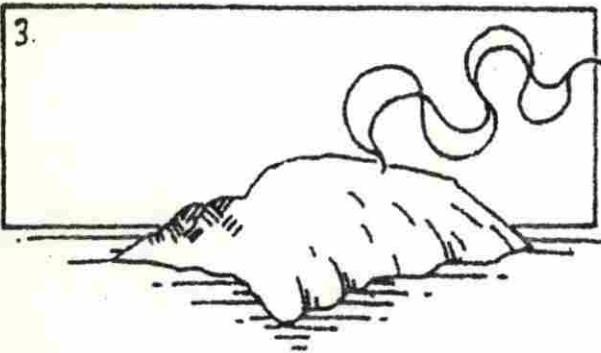
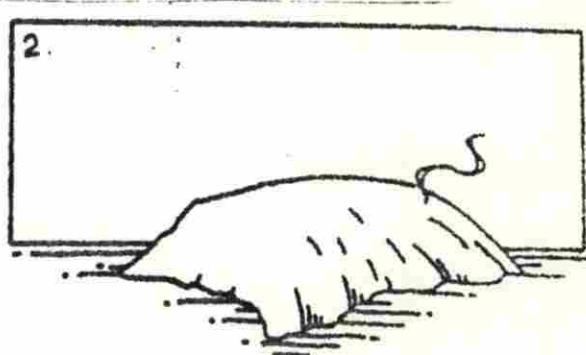
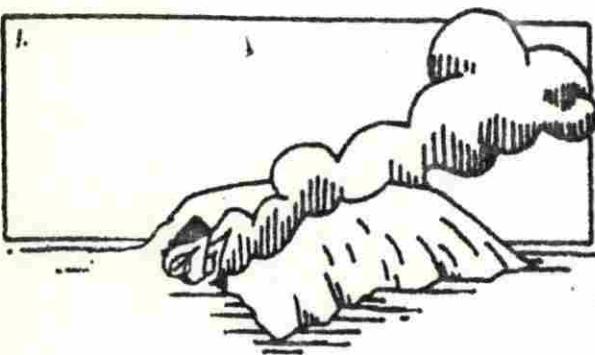
.../...

LA SUIVIE DU PROCESSUS DE CARBONISATION (MEULES)

**Forme** Au fur et à mesure le chargement carbonisé, il se rétrécira provoquant un changement dans sa forme.

**Couleur de la couverture de terre** Les goudrons chassés du bois fonceront la couleur de la couverture de terre.

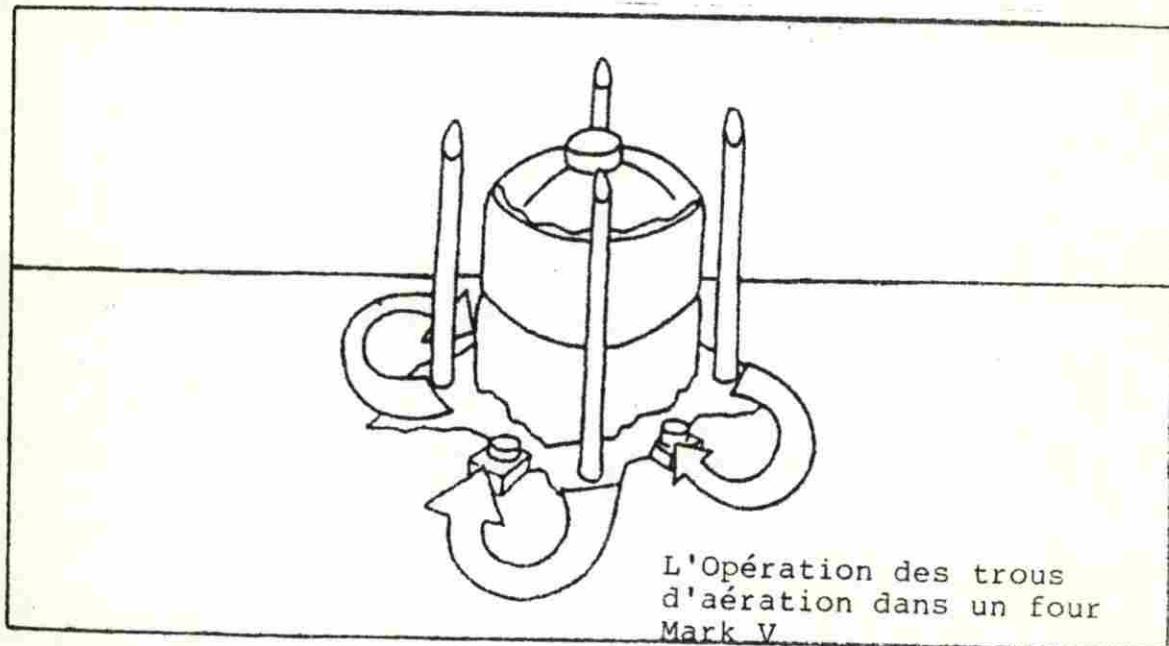
**Inspection** Si vous n'êtes pas certain, ce qui fait une section particulière du four, alors ouvrez-le et découvrez.



### Le Fonctionnement des trous d'aération

En manipulant les trous d'aération, vous donnez la bonne quantité d'air nécessaire pour maintenir le processus de carbonisation en marche en faisant attention de ne pas fournir trop d'air et de risquer de brûler complètement le chargement. Veillez soigneusement au four, aux différents types de bois, et aux méthodes d'entassement. Les conditions météorologiques peuvent influencer les règlements des trous d'aération. Celles-ci doivent être connues par expérience puisque l'effet variera dans chaque type de four.

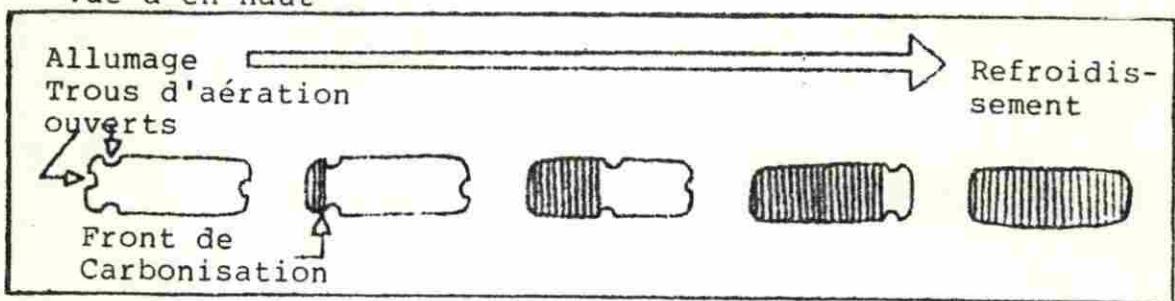
Dans certains cas les trous d'aération opéreront automatiquement, l'entrée d'air faisant fonctionner l'échappement selon le les besoins. Même une cheminée fera fonction, de temps en temps, d'entrée d'air. Un trou d'aération doit être fermé quand le front de carbonisation est passé, ou quand des charbons ardents peuvent être observés à travers le trou. Dans les fours métalliques tels que le Mark V, la cheminée et les trous d'aération sont inversés à la moitié du processus pour promouvoir davantage la carbonisation.



....

Le schéma suivant est un exemple montrant comment il faut utiliser les trous d'aération dans un four avec des côtés en bois, lors d'un cycle normal de carbonisation. Dans le four, le front se déplace d'un côté du four à l'autre.

Vue d'en haut



.../...

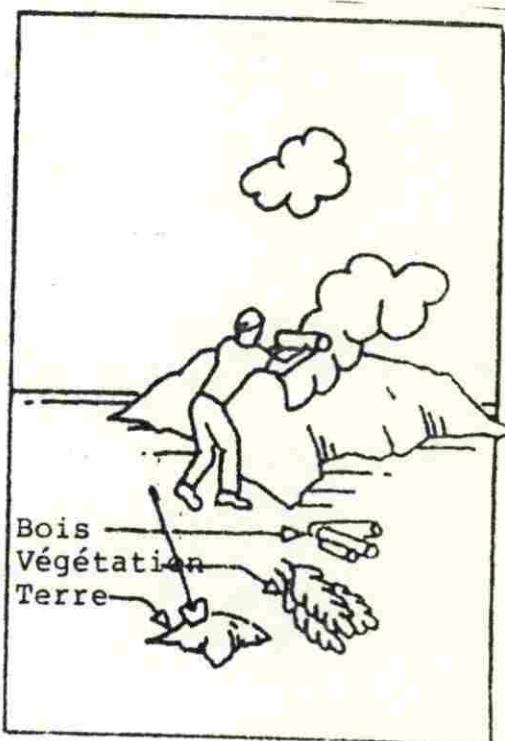
### DETECTION DES PROBLEMES

Très peu de cycles de production se passent sans aucune difficulté.

Voici quelques problèmes qui peuvent se présenter et les solutions.

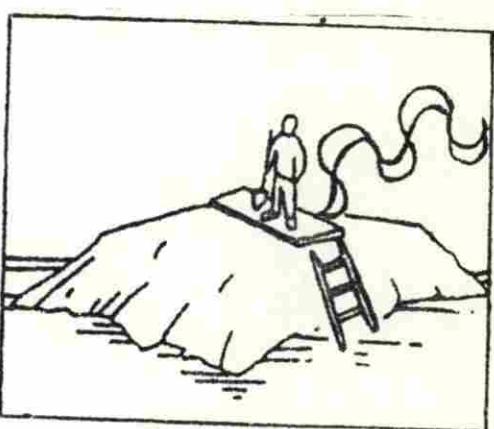
#### Effondrement (Meules)

Ceci arrivera moins souvent si le four est bien entassé. La terre molle et la végétation doivent être entassées avec les mains puisque le trou doit être refermé immédiatement lorsque le chargement commence à brûler d'une façon incontrôlée. Un trou peut être facilement repéré par la fumée qu'il dégage. Il peut s'avérer nécessaire de bourrer le trou avec du bois pour supporter le matériel de rapiècement. Couvrez le trou avec de la végétation et de la terre.



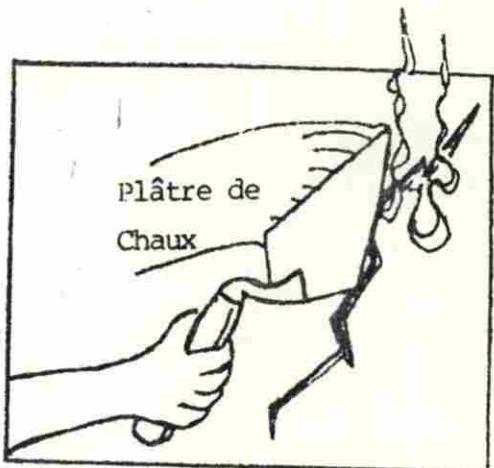
Si le four est suffisamment grand pour qu'il devienne nécessaire de monter dessus pour travailler, marchez seulement sur les passages des perches ou des planches. Ceux-ci repartissent votre poids sur une surface plus grande et diminuent les risques d'un accident.

SOYEZ TRES PRUDENT EN HAUT D'UN FOUR



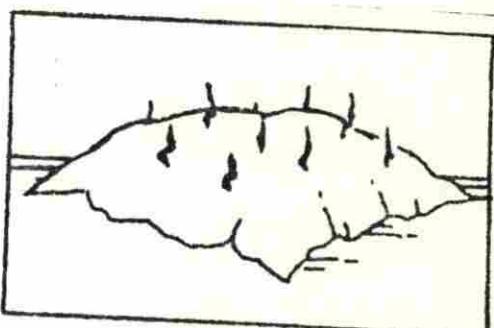
### Fentes (fours en ciment, argile ou maçonnerie)

Des fentes sont occasionnées par les différents taux d'expansion des matériaux dont le mur est composé. Ces fentes laisseront entrer l'air et rendront le four difficile à contrôler. Garder un emplâtre de chaux sous la main pour le rapiècement et veillez à ce que les fentes soient fermées.



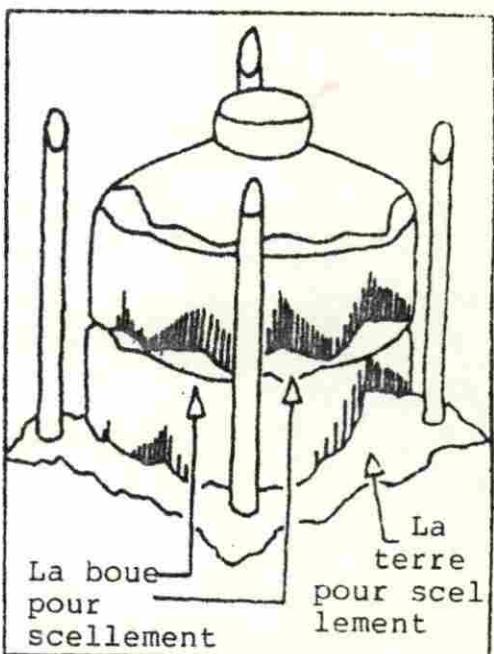
### Des petites fuites (Meules)

Pendant que le cycle de production progresse, il y aura beaucoup de petites fuites. Une pelle pleine de terre arrêtera les plus larges et les autres sont sans importance.



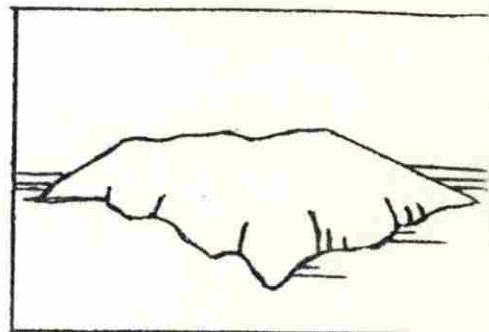
### Voilure (fours métalliques)

Il peut y avoir des difficultés dans le scellement des joints entre les sections d'un four métallique si une voilure apparaît. Si le joint ne peut pas être scellé avec du sable, utilisez de la boue et vérifier souvent qu'il n'y a pas de fentes dans la boue. Si un joint n'est pas bien scellé la fuite d'air occasionnera un surhaussement de la chaleur et encore plus de voilure.



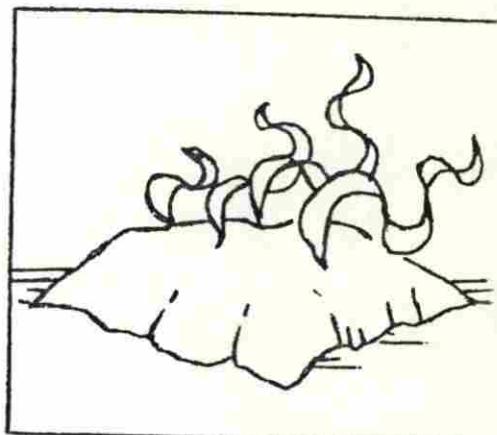
### Ralentissement

Comme mentionné plus haut, un ralentissement intervient après l'allumage, mais s'il intervient plus tard dans le cycle de production, ouvrez plus de trous d'aération. Si le four ne répond toujours pas, ouvrez-le et allumez-le de nouveau.



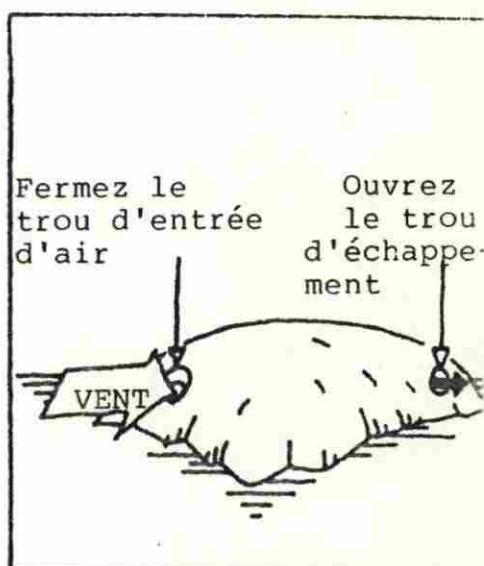
### La Carbonisation est trop rapide

Ralentissez le processus en fermant les trous d'aération. S'il n'y a pas de réaction, cherchez les fentes.



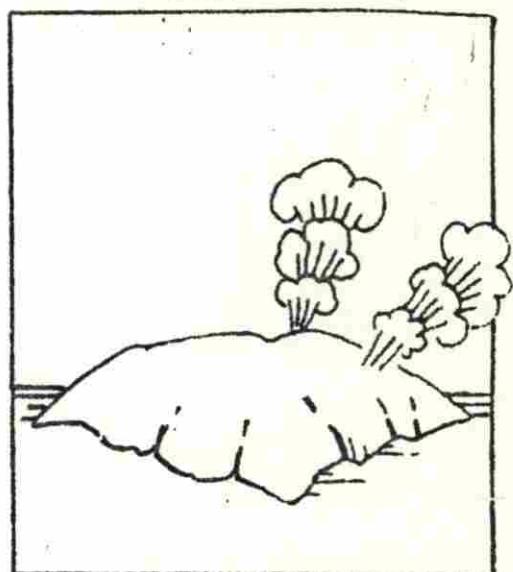
### Mouvement Irrégulier du Front

Un mouvement irrégulier du front de carbonisation peut avoir comme résultat que certaines sections du chargement ne seront pas carbonisées ou seront carbonisées incomplètement. Ceci peut être occasionné par le vent, l'ouverture inégale des trous d'aération, un entassement inégal, ou des qualités différentes de bois. Ouvrir les trous d'aération dans la zone affectée aidera. Si le problème est occasionné par le vent, ouvrez les trous d'aération du côté sous le vent (les trous d'aération à l'abri du vent) et fermez les trous d'aération du vent (les trous d'aération qui font face au vent).



### Les Bouffées de Fumée

Sous l'effet du vent, des bouffées de fumée s'échapperont de temps en temps des trous d'aération. Cependant le chargement prendra feu si le vent provoque une circulation d'air trop importante. Fermez rapidement tous les trous d'aération et cherchez les fentes. Après quelques minutes ouvrez un trou d'aération et vérifiez la stabilité. Si c'est stable ouvrez graduellement d'autres trous d'aération jusqu'à ce que l'opération soit normale.



### Le Scellement du four

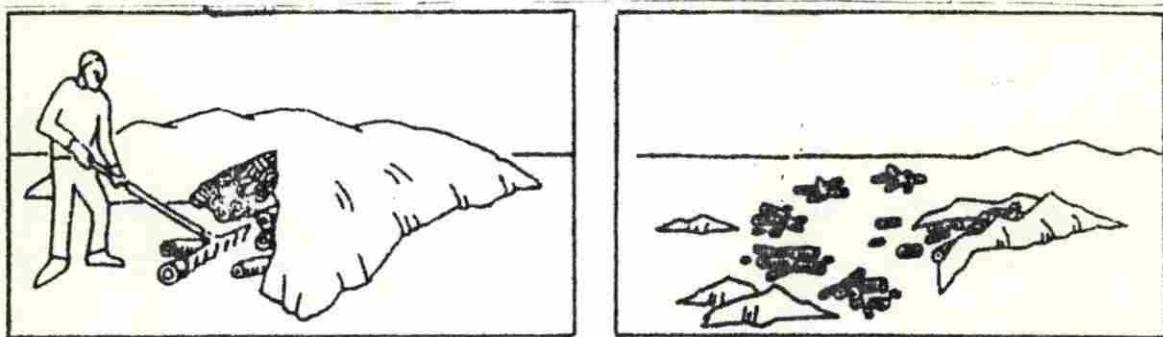
Quand le charbon est formé, la fumée deviendra bleu clair et diminuera en volume. La plupart des trous d'aération sont probablement déjà fermés. Fermez tous les trous d'aération qui sont toujours ouverts et scellez toutes les fuites. Le four commencera à refroidir. La période de refroidissement variera selon le volume et les conditions météorologiques, mais une nuit est le minimum pour tous les fours.

.../...

## L'Ouverture du Four

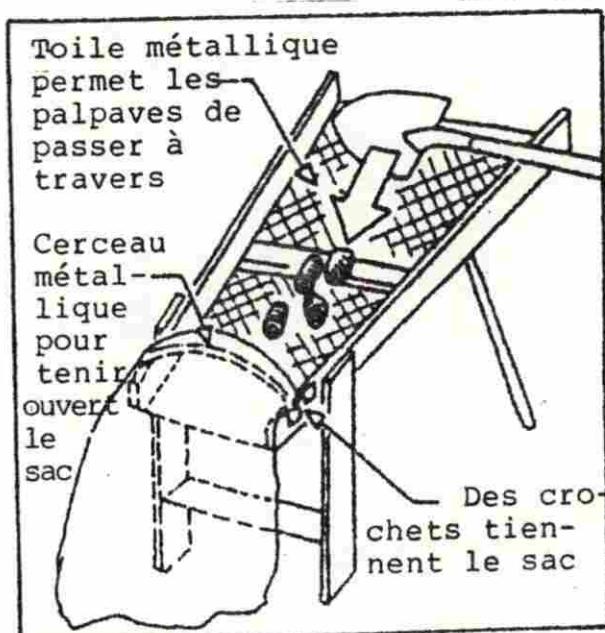
Avant d'extraire le charbon, netoyez le site du four pour qu'il y ait de la place pour mettre le charbon. Le cas échéant il est impératif d'ouvrir et d'aérer les fours métalliques, les fosses, les fours de briques ou d'argile avant que les ouvriers n'y pénètrent. L'oxyde de carbone et le gaz carbonique seront présents mais il n'y aura pas d'oxygène.

Les meules doivent être ouvertes par section. Après avoir enlevé le charbon d'une partie, recouvrez la section avec de la terre. Si une flambée soudaine intervient couvrez la zone immédiatement et laissez le four refroidir encore.



Le charbon doit être étalé et ne doit pas s'enflammer. Un feu doit être éteint avec de la terre plutôt qu'avec de l'eau laquelle diminue la qualité du charbon. Un feu important peut être éteint avec de l'eau puisqu'il vaut mieux avoir du charbon mouillé que de ne pas avoir de charbon du tout.

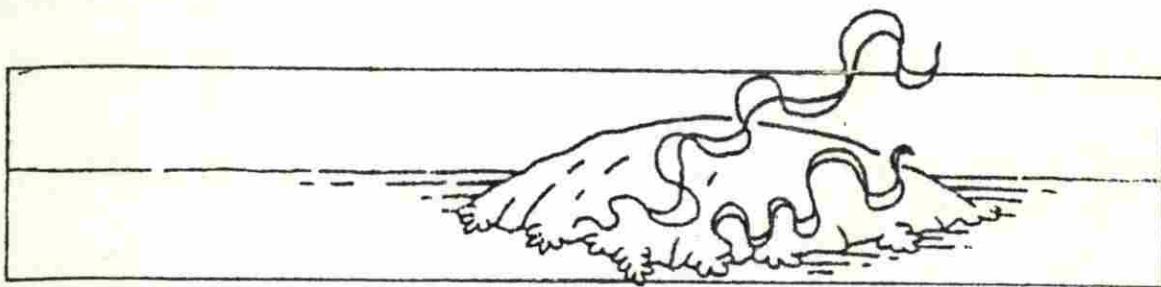
Une fois le charbon refroidi et stabilisé, il peut être entassé ou chargé dans des sacs en jute.



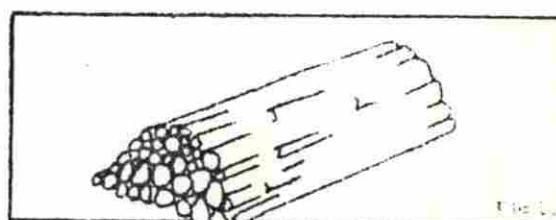
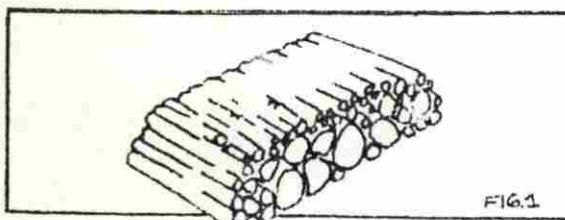
## CHAPITRE 7 : REVUE DES FOURS

Dans cette section nous allons regarder une grande variété de fours, discuter leurs mérites et leurs faiblesses, et donner une idée de base de leur construction. Aucun de ces fours ne peut satisfaire vos besoins particuliers, aussi ayez conscience que vous pouvez avoir besoin d'en modifier un ou d'en développer un qui corresponde à vos besoins.

### DES MEULES



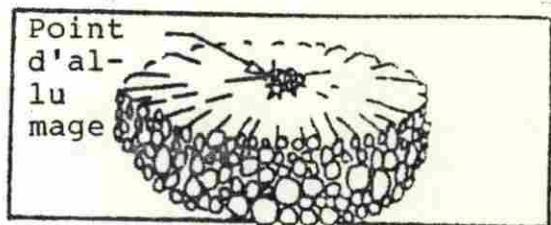
Le type de four le plus simple est un tas de bois, entassé d'une manière ordonnée, et complètement recouvert de végétation verte et de terre. Presque n'importe quelle taille de bois peut être carbonisé dans les meules, et leur forme et leur taille peuvent facilement être modifiées en fonction de vos besoins. Dans les fours ronds, le bois est entassé radialement ; cependant dans un four simple rectangulaire le bois peut être entassé soit en longueur, soit en travers.



.../...

Bien que la méthode du graphique un prenne plus de temps pour couper et entasser le bois, le four obtenu a un meilleur fonctionnement, et un rendement plus élevé que le four du graphique deux qui est plus facile à construire mais qui peut brûler entièrement le long des canaux d'air.

La construction de l'entassement radial avec un point d'allumage central requiert plus d'aptitudes mais permet une meilleure carbonisation.



Les plus grandes pièces sont entassées au centre. Ceci est une règle générale qui s'applique à la plupart des fours.

Une végétation verte en quantité suffisante est appliquée pour couvrir le chargement. Ceci empêche la terre de tomber dans le four où elle peut occasionner une carbonisation incomplète. En général deux ou trois couches de végétation verte sont suffisantes. Une couche de terre d'une épaisseur d'à peu près 25 cm est alors placée en haut de la végétation pour empêcher l'air de pénétrer l'édifice. Si le sol est sableux, cette couche peut devoir être plus épaisse.

....

Des trous sont percés à travers la couverture de végétation et de terre et agissent comme des trous d'aération. Ce four est généralement allumé sur un côté et fonctionne avec un courant d'air direct. Le principal inconvénient d'un four aussi simple est que le transfert de gaz et de chaleur n'est pas égal, ce qui peut occasionner qu'une bonne partie du chargement soit complètement consommée ou qu'elle ne carbonise pas du tout.

Ce qui suit s'applique à toutes les meules :

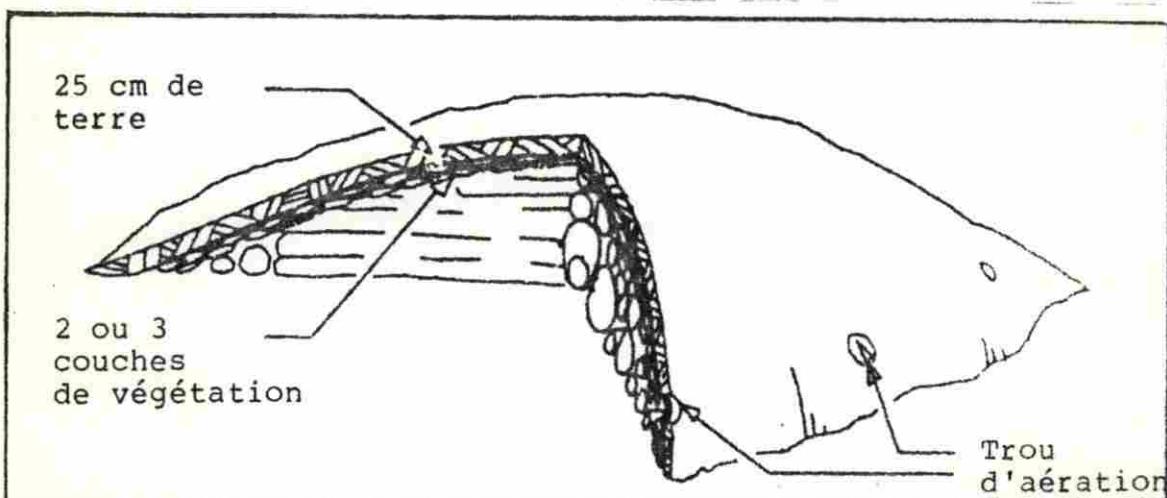
Avantages

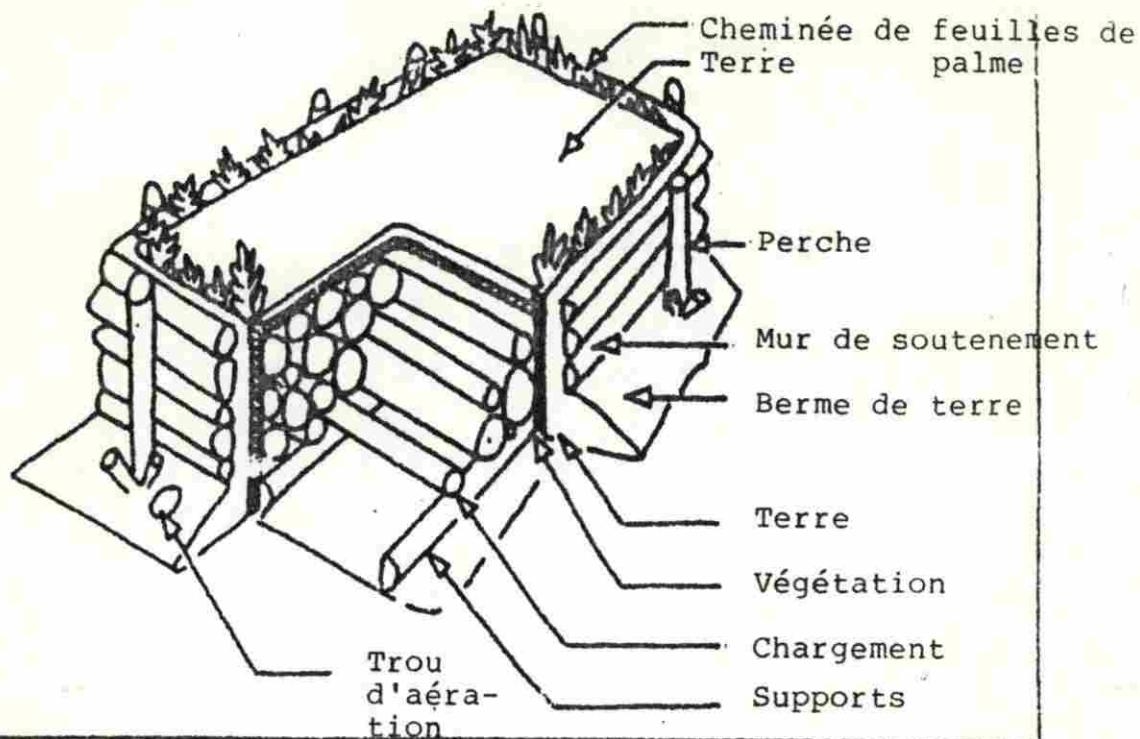
Aucun capital nécessaire  
Utilise des matériaux  
locaux  
Aptitude traditionnelle  
Facile à comprendre  
Les différentes phases  
de carbonisation  
sont facilement  
observées.

Désavantages

Doit être reconstruit à chaque  
cycle de carbonisation  
Prédisposition à l'effondrement  
Contamination du charbon avec  
de la terre.

Après le cycle de carbonisation, la terre qui est utilisée comme une couverture du four est pleine de petites particules de charbon appelées palpaves. Les palpaves peuvent être récupérées en déversant la terre dans des bacs d'eau et en écopant les palpaves quand elles flottent à la surface. Après les avoir séchées, elles peuvent être façonnées en briquettes.



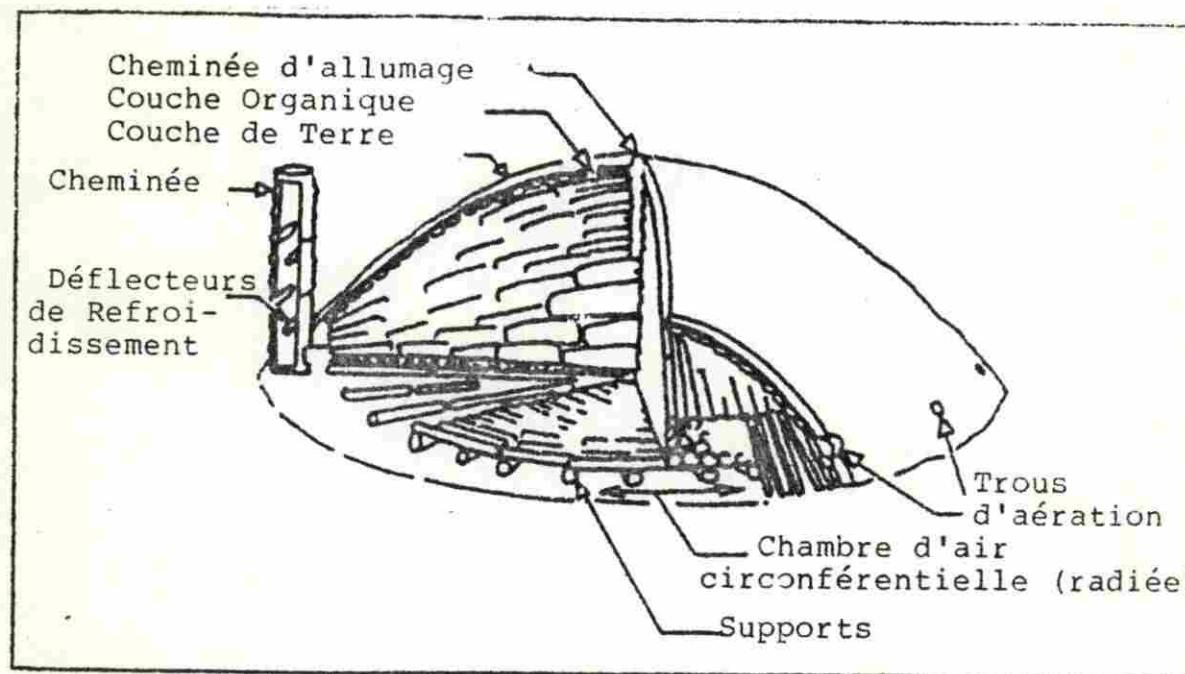


#### Fours avec côtés en Bois

Un type de four plus sophistiqué utilise des planches ou perches en bois pour contenir la terre le long du chargement. Il permet de placer la terre à l'endroit idéal et donc d'en utiliser moins, ce qui épargne beaucoup de travail comparativement à d'autres types de meules. Ce four emploie des feuilles de palmier comme couverture de végétation sur les côtés. Ces feuilles dépassent au sommet et agissent comme trous d'aération et comme cheminées. Le chargement est supporté par des soutiens décrits ci-dessous et qui ménagent un espace de circulation pour les gaz en dessous du chargement et engendrent même une plus grande carbonisation. Un désavantage de ce type de four est que le bois doit être coupé et entassé avec précision au ras des côtés pour empêcher que le bois ne sorte à travers le couvercle.

Ce four a généralement 1 ou 2 mètres de hauteur, 1 ou 2 mètres de largeur , et 3 mètres de longueur. Deux perches d'un diamètre de 10 cm et d'une longueur de 3 mètres sont étendues parallèlement par terre comme supports. Le reste du chargement est placé en travers des supports.

Dès que la hauteur désirée est atteinte, des poteaux d'une longueur d'environ deux mètres sont enfouis dans la terre à environ 30 cm des côtés et des extrémités du chargement. Trois poteaux de chaque côté et deux à chaque bout suffisent généralement. Des feuilles de palme sont coupées et bourrées, la petite extrémité en bas, dans la terre à côté du chargement. Les cimes des feuilles doivent être dépasser de 50 cm environ. La terre est alors entassée sur les côtés jusqu'à ce qu'elle forme une pente naturelle au delà des perches. Des planches sont alors placées derrière les perches et de la terre est ajoutée. La terre doit être pilonnée pour faire une meilleure protection. Ce processus continue jusqu'à ce que tous les côtés, sauf celui à allumer, soient couverts. Le haut est couvert avec de la végétation et de la terre. Le four est maintenant prêt à être allumé.



Adapté d'un dessin fait par Kevin Stewart (P.C.V.)

.../...

### Le Four de Casamance

Le four de Casamance est un exemple de four traditionnel amélioré. A l'origine le chargement était arrangé radialement, directement sur le sol. Cette structure était alors couverte avec de la végétation et finalement avec de la terre. L'allumage était fait à travers une cheminée d'allumage central. Le four était un four à courant d'air direct avec des entrées d'air à la base et de ouvertures d'échappement sur le côté à une hauteur des 3/4 environ.

La première amélioration a été de construire une plate-forme pour soulever le chargement de la terre. Liée à cette plate-forme, une chambre à air circonférentielle s'étendait tout autour du four. Puis, une seule grande cheminée a été ajoutée sur l'un des côtés pour renverser le courant d'air. Il s'agissait alors d'un système de circulation de gaz et de chaleur sophistiqué, mais qui demeurait simple à construire. Il a occasionné des augmentations importantes de rendement et un temps de carbonisation raccourci pour très peu de capital.

La construction du four de Casamance commence en étendant les supports selon un modèle radial. Une plate-forme de perches y est placée. Les grands morceaux sont entassés au centre et les espaces sont remplis avec les plus petits matériaux. Au centre de la cime un trou d'une profondeur d'un mètre est laissé pour l'allumage. La chambre à air circonférentielle est construite en penchant des piquets le long du tas.

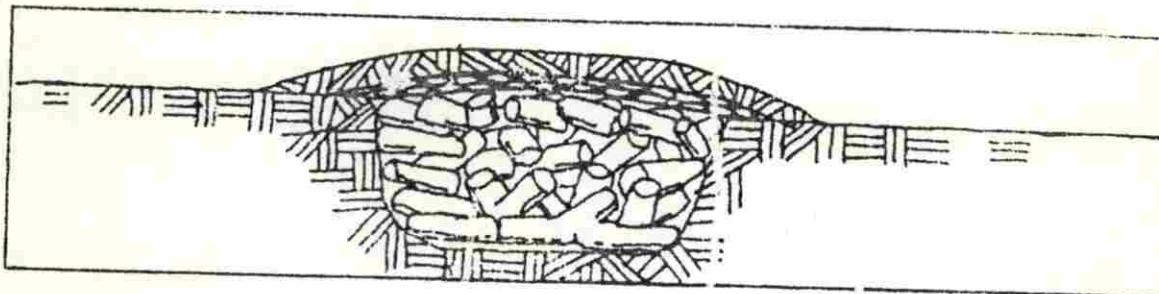
La cheminée est faite de trois barils de 220 litres soudés ensemble. Les déflecteurs dans la cheminée servent à augmenter la surface de condensation pour la collection des substances volatiles. La cheminée est placée à l'intérieur de la chambre d'air et aspire les gaz d'en dessous de la plate-forme.

Le four est couvert de végétation et de terre. Il est généralement allumé avec des charbons ardents placés dans le trou d'allumage de la cime.

..../....

### Four en Fosse

Le type de four le plus universel est le four à fosse. Dans sa forme la plus simple c'est un trou dans la terre dans lequel un feu est allumé, le bois ajouté et dont le haut est couvert avec de la végétation et de la terre. Quelques fois un couvercle métallique est utilisé pour une meilleure protection contre l'air et pour réduire la contamination.



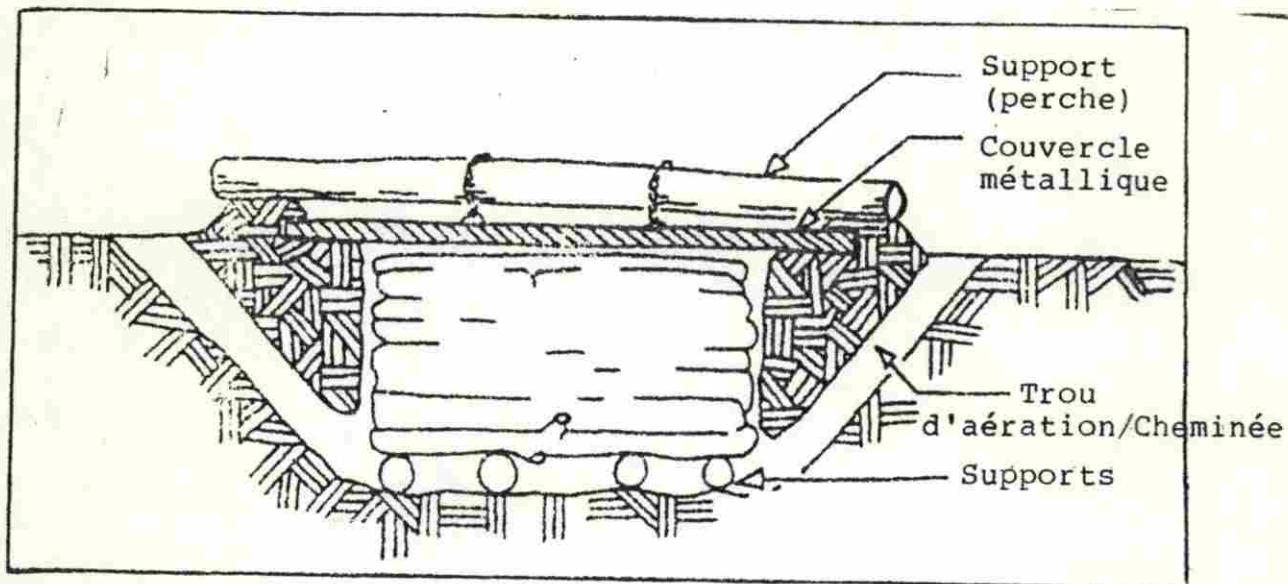
#### Avantages

- Pas besoin de capital
- Bon pour des utilisations répétées
- Une technologie acceptée

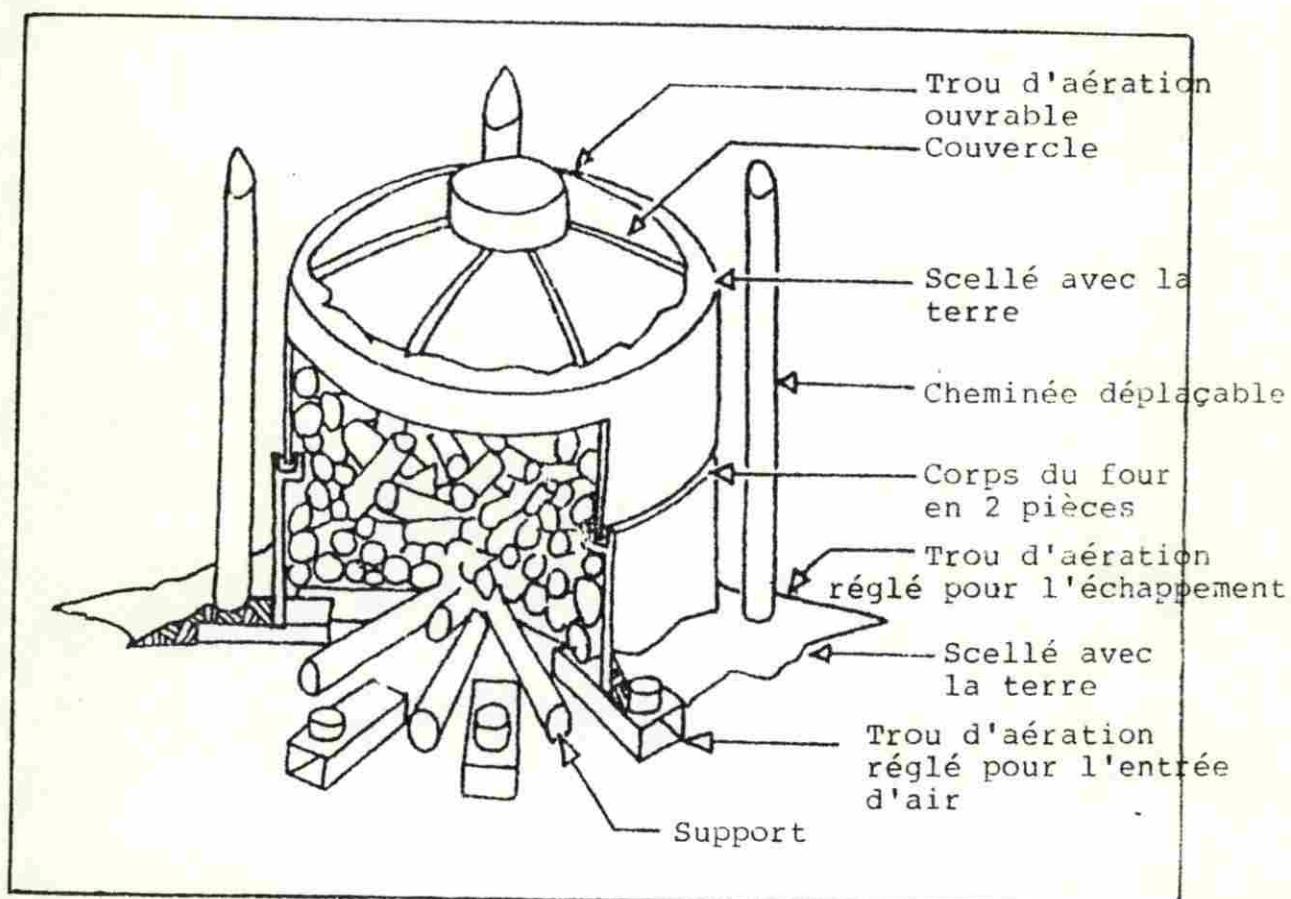
#### Désavantages

- Difficile à creuser
- Peut être inondé lors des pluies
- Difficile à charger et à décharger
- La chaleur se perd dans la terre autour du four

Des fours en fosses peuvent être améliorés par l'utilisation de supports sous le chargement et de cheminées avec des entrées d'air placées, dans les coins inférieurs de la fosse. Ceci améliore grandement la distribution de gaz dans le four et lui permet d'être utilisé comme un four de courant d'air inverse. Pour éviter les coûts additionnels des cheminées, des trous peuvent être creusés dans la terre.



Fours Métalliques



Le métal est souvent utilisé dans les fours, soit seul, soit en combinaison avec d'autres matériaux.

Avantages

Refroidit rapidement  
Hermétique  
Ne s'effondre pas  
Portable  
Solide

Désavantages

Peut gauchir ou brûler jusqu'à ce qu'il se détruise sous la chaleur  
Cher  
On a généralement besoin d'équipement de soudure pour la construction et la réparation  
Radie de la chaleur  
Lourd

Mark V

Le four métallique le plus connu est le Mark V. Il a une partie principale faite de deux cylindres reliés au sommet par un couvercle conique. Le couvercle comporte un trou en son centre, lequel est fermé sauf lors de l'allumage. Les joints entre les trois parties principales sont scellées par du sable.

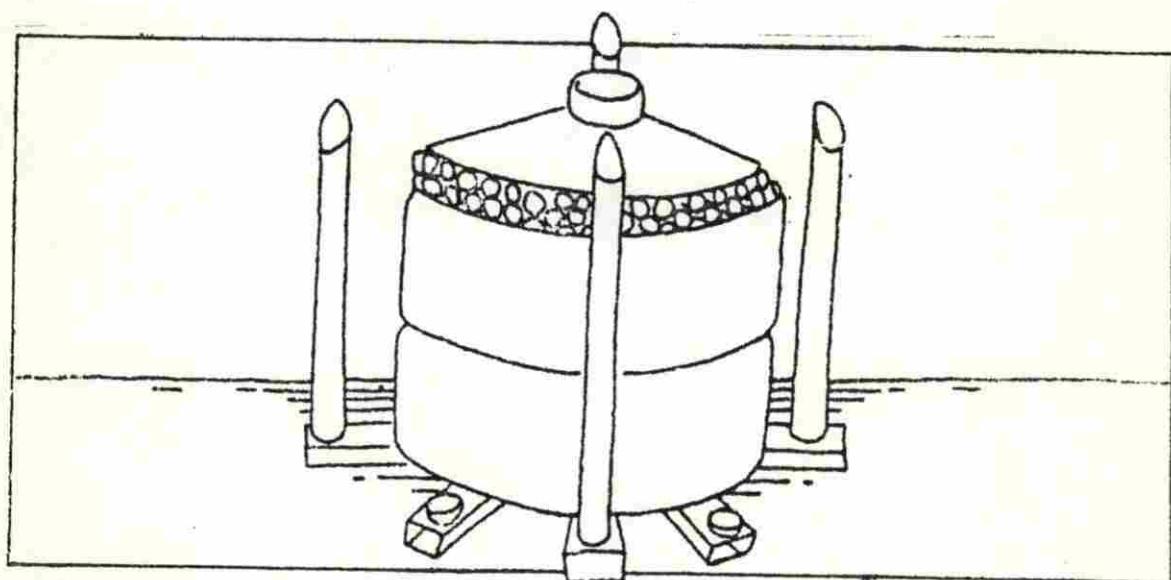
Ces fours opèrent par courant d'air inverse. Il y a huit tuyaux d'air espacés également sous la base. Ceux-ci fonctionnent comme entrées d'air, ou avec des cheminées, comme échappement de fumée.

Ce type de four est cher puisqu'il est construit en acier indétrippable. S'ils sont traités soigneusement; ils dureront entre trois et cinq ans, mais si l'opérateur est inconscient, ils peuvent être inutilisables dès le premier cycle de production. Des modèles moins chers peuvent être fabriqués localement en acier plus doux et se dégraderont encore plus rapidement.

Pour monter le four, placez huit tuyaux d'air radialement et placez l'anneau en haut. Etendez les supports entre les tuyaux d'air pour empêcher le passage direct de gaz entre les tuyaux d'air.

..../....

Le bois est alors entassé dans le four jusqu'à ce que l'anneau du fond soit plein. L'anneau d'en haut est alors placé et on ajoute encore du bois jusqu'à ce qu'il atteigne un niveau de 10 cm au-dessus de l'anneau supérieur. Le couvercle est alors positionné en haut du chargement de telle façon qu'il se déposera sur l'anneau supérieur quand l'allumage aura eu lieu.



Les cheminées sont placées sur tous les deux tuyaux d'air. Le four est allumé en déversant des charbons ardents par le sommet du trou d'aération. L'allumage par le sommet gardera la chaleur intense au centre du chargement et loin des côtés du four. Une fois le couvercle déposé à sa place, scellez le chapeau au sommet et vérifiez tous les sceaux de sable. Scellez à la base les brèches entre les tuyaux d'air avec de la terre, en laissant seulement les tuyaux ouverts.

.../...

### Argile et Maçonnerie

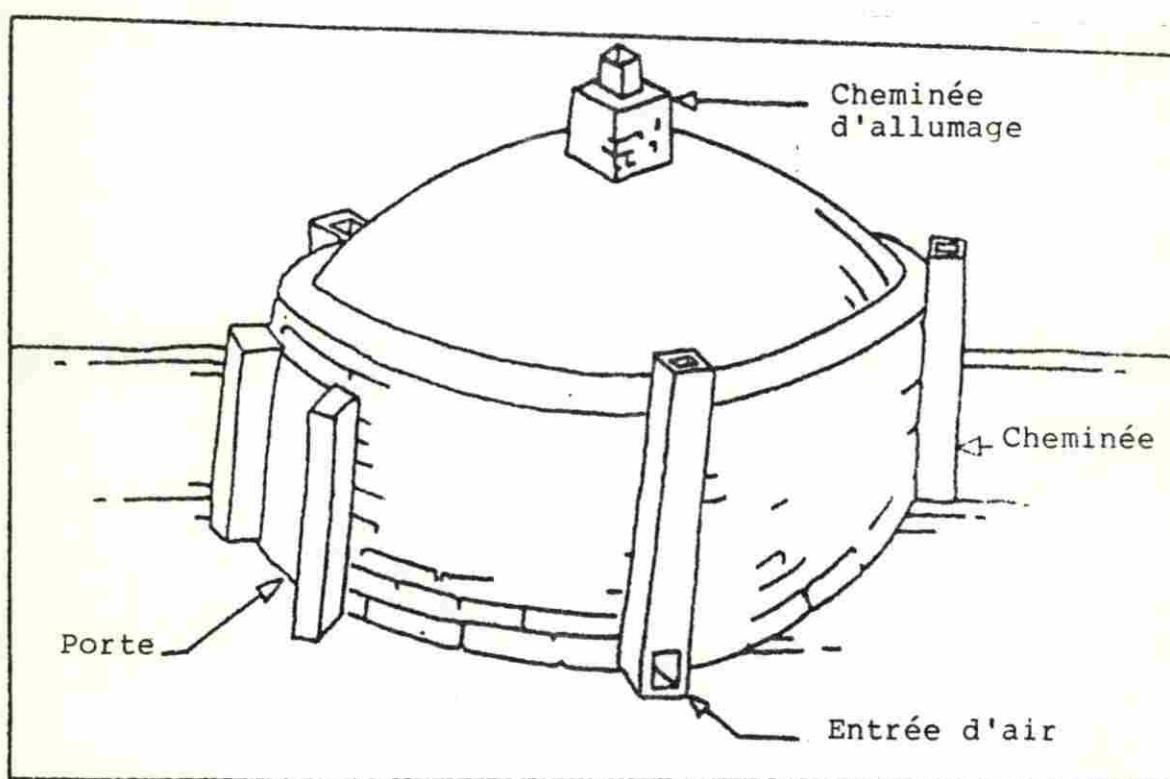
L'argile est un matériel de construction traditionnel en Amérique du Sud et Centrale ; tandis que les blocs de maçonnerie ont été utilisés pour les fours en Amérique du Nord.

#### Avantages

Facile à utiliser  
Qualité d'isolation  
Maçonnerie : peut être désassemblée et déplacée  
ARGILE : Pas d'investissement de capital

#### Désavantages

Pas portable  
Peut se fendre  
Argile : les briques doivent être fabriquées.  
MACONNERIE : Cher  
A besoin d'un agrégat spécial



### Four Brésilien

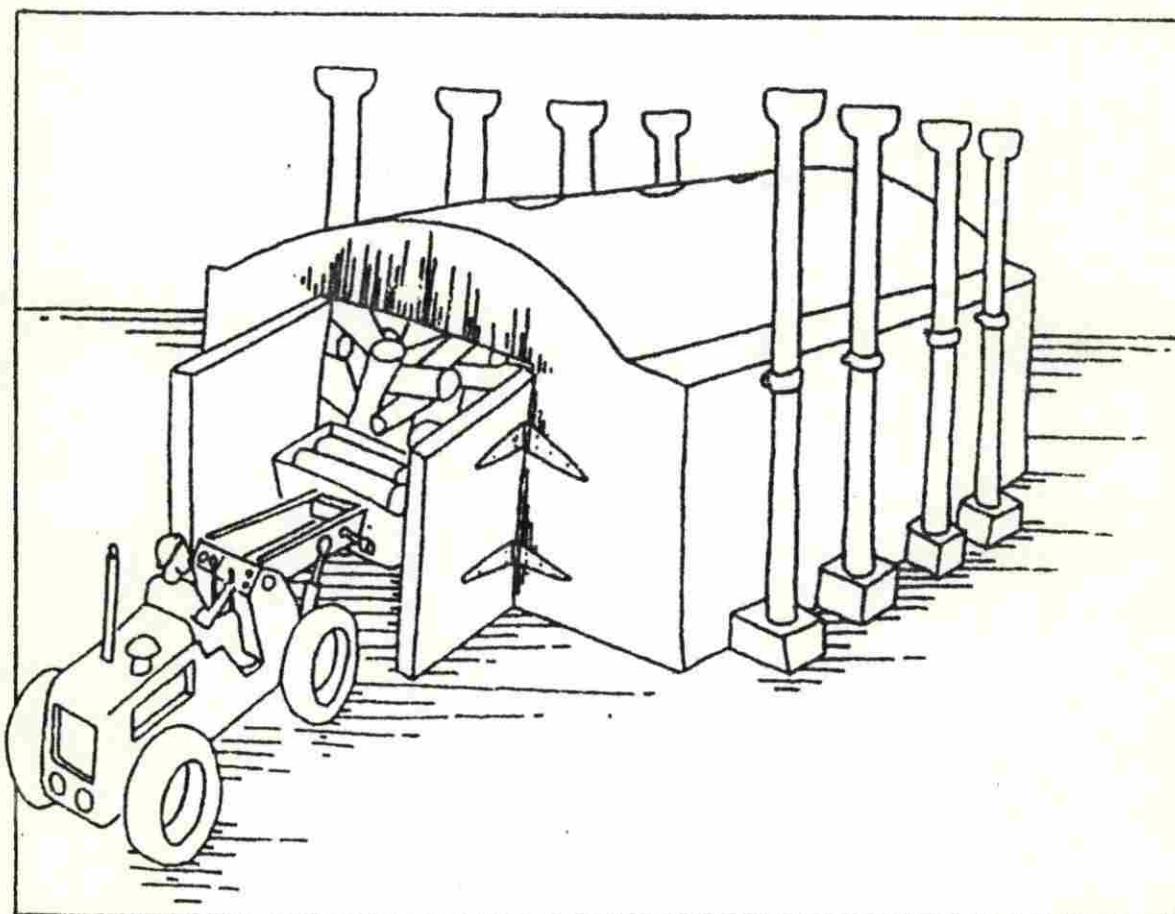
Ce type de four est courant en Amérique du Sud. Il est construit en briques avec des murs droits et un toit en forme de dôme. Une caractéristique importante est l'anneau de renforcement à la base du dôme. Il resserre la force latérale exercée par le dôme et empêche les murs en dessous de s'élargir vers l'extérieur.

..../...

Lors de la construction, les murs sont posés secs. L'extérieur est emplâtré au début avec un plâtre de chaux agissant comme barrière de gaz et rapiécé après chaque utilisation. Après le chargement, la porte peut être faite en briques et emplâtrée. Le sceau ainsi obtenu est probablement meilleur que lorsqu'on essaie de bien placer une porte métallique et est certainement moins cher.

Il est possible de disposer les trous d'aération autour de la base et sur les côtés de multiples façons. Il y a généralement un trou dans la cime du dôme qui est fermé après l'allumage et établissant ainsi un courant d'air inverse s'échappant par quatre cheminées externes.

Ciment



Des fours en ciment étaient jadis couramment employés aux Etats-Unis et quelques-uns ont été construits dans des pays en voie de développement.

Avantages

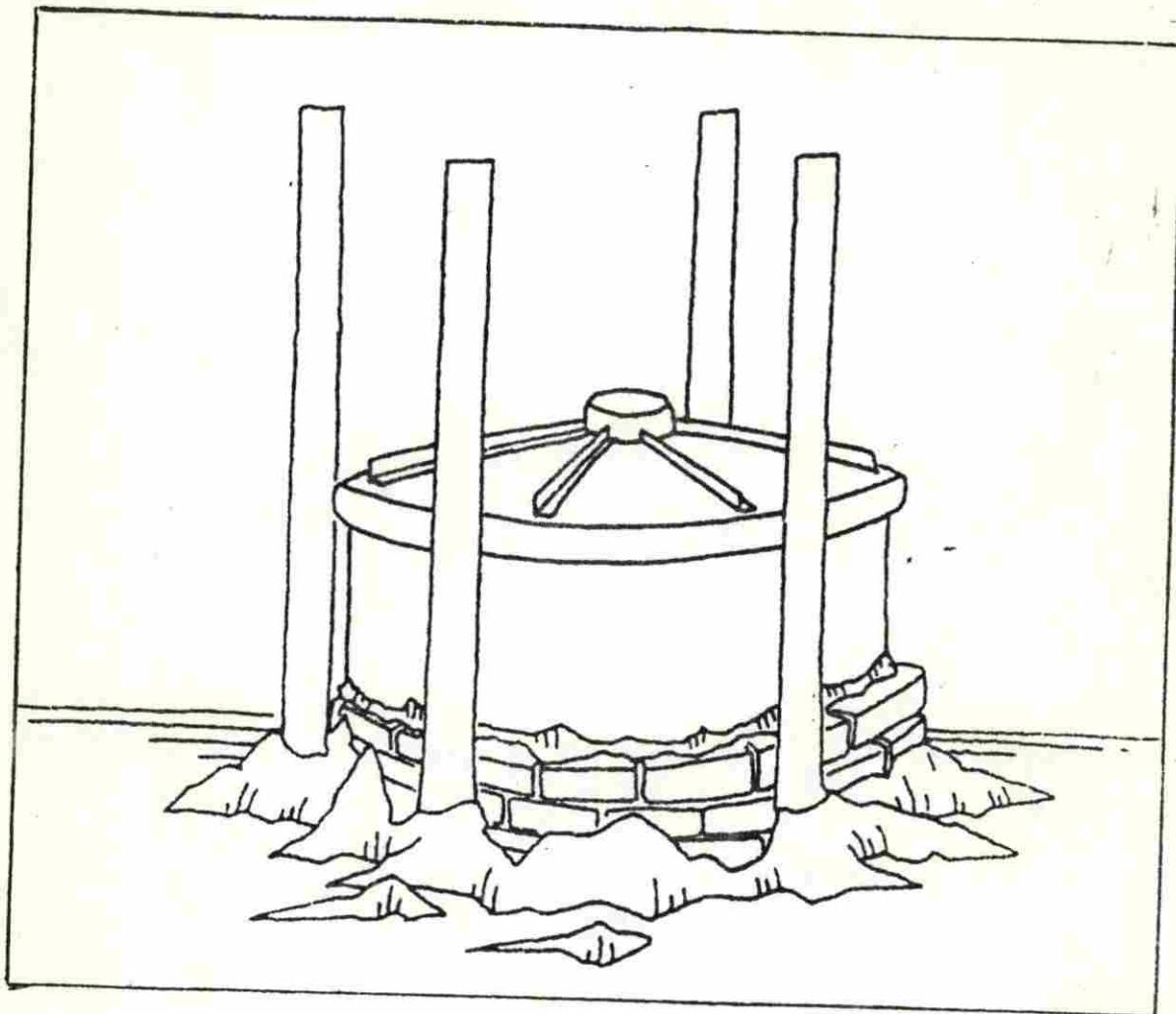
Permanence,  
Durable, si bien construit

Désavantages

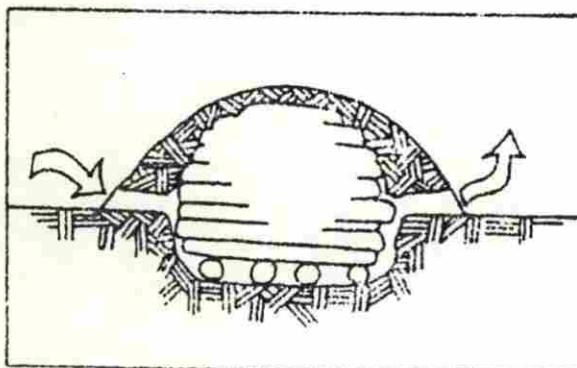
Cher  
Pas portable  
A besoin d'un agrégat spécial.

Four de Missouri

Le four en ciment le mieux connu est le four de Missouri. Ce four géant prend jusqu'à un mois et demi pour achever un cycle de carbonisation. Il a des cheminées et des trous d'aération alternés sur les côtés, et quatre trous d'aération servant à l'allumage dans la cime. De grandes portes métalliques à chaque bout facilitent un chargement et déchargement mécanisé. L'agrégat de schiste dilaté nécessaire pour la construction n'est pas très répandu, et l'utilisation de sable ordinaire a comme résultat un mélange qui se fend sous la chaleur.



Il y a des fours qui sont des combinaisons de fours en fosse et de fours métalliques portables. La fosse est beaucoup plus superficielle que pour un four en fosse normale. Ceci fait qu'il est beaucoup plus facile à creuser, charger, et décharger. Les fours métalliques commencent généralement à se dégrader à la base, où se trouvent les entrées d'air et où le four est le plus chaud. Dans un four mélangé, cette zone chaude est sous terre et peut donner une durée de vie au four beaucoup plus longue. Ceci ralentit aussi la perte de chaleur de la radiation lors des premières étapes de la carbonisation. Quelques fois le métal, l'argile et la fosse sont combinés, et occasionnellement type-fosse et meule sont combinés.



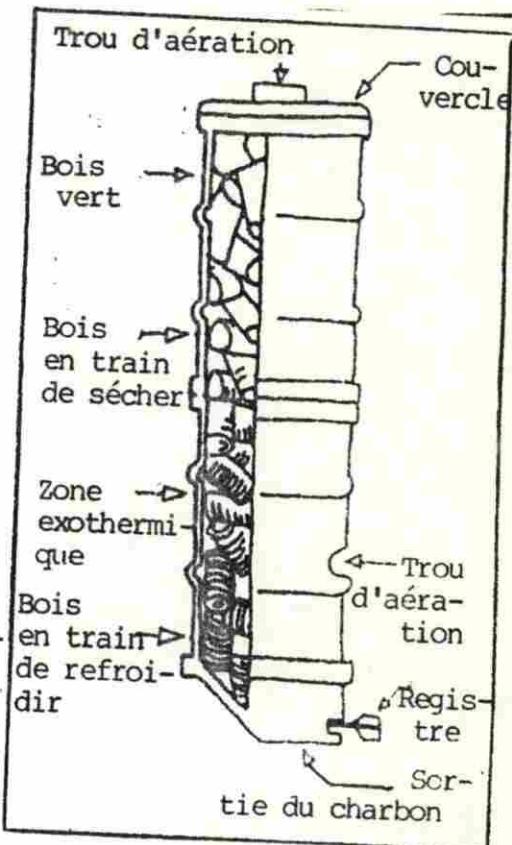
## CHAPITRE 8 : TYPES SPECIAUX DE FOURS

Il y a plusieurs types de fours qui sont construits ou utilisés différemment.

### Le Four Continu

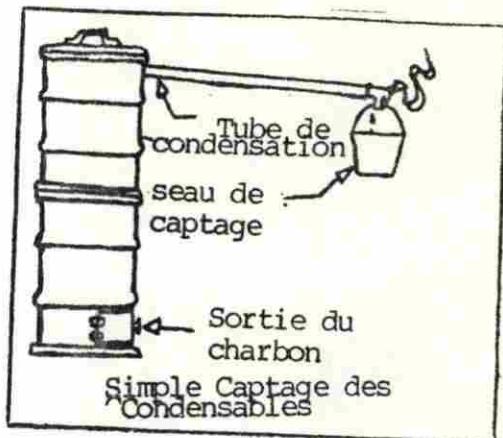
Dans sa forme la plus simple, un four continu est cylindre avec un couvercle hermétique, des trous d'aération en haut et en bas, et une porte vers le bas.

Pour utiliser un four continu, un feu est allumé en bas, le four est rempli de bois, et le couvercle est mis en place. Le bois au sommet du four est chauffé par les gaz de la zone exothermique située dans la section médiane. Après la carbonisation, il refroidit dans le bas du four avant d'y être récupéré. Au fur et à mesure que le chargement rétrécit et que le charbon est déchargé, du bois supplémentaire est ajouté au sommet. Ce processus peut continuer aussi longtemps qu'il y a du matériel disponible. Des morceaux de bois de taille courte et régulière avec un degré d'humidité identique permettent une carbonisation égale.



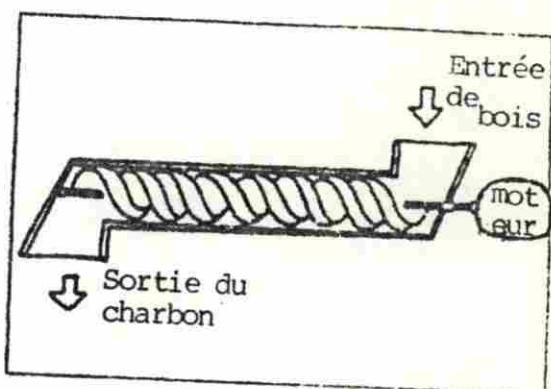
....

Ce type de four est construit en métal. La zone exothermique peut être recouverte d'un matériel réfractaire tel que des briques réfractaires. Il y a généralement des systèmes variés attachés à ce type de four pour la récupération de la chaleur et des substances condensables. Il en résulte un coût assez élevé ; cependant des formes plus simples peuvent être construites localement.



### Fournaises

Des fours continus qui emploient des moyens mécaniques pour déplacer le chargement s'appellent des fournaises. Ces fours sont utiles pour la carbonisation de matériaux fins tels que la sciure qui s'isole elle-même et bloque le passage de l'air. Les désavantages principaux des fournaises pour la production à petite échelle sont le coût et la complexité.

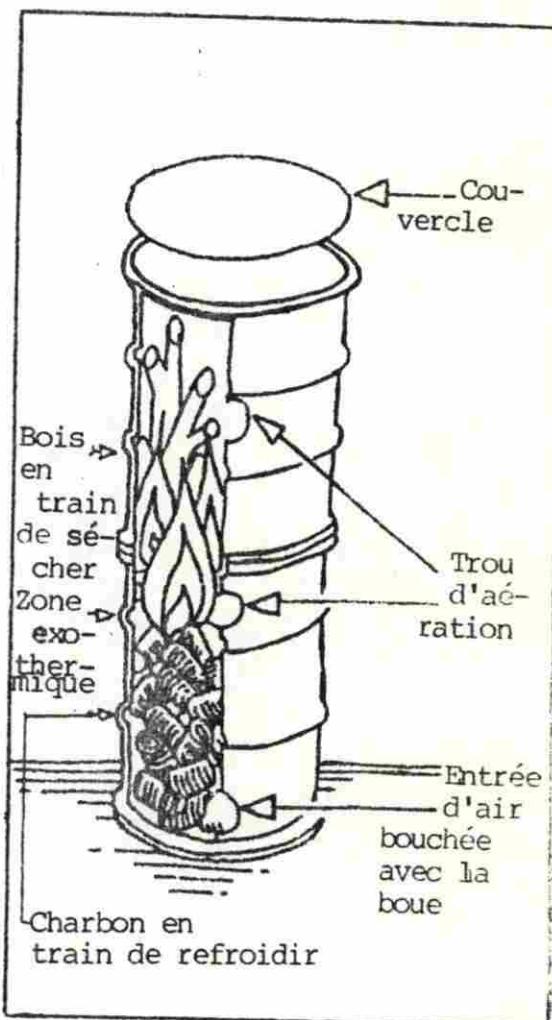


..../....

### Type CUSAB

Ce four est un grand four métallique qui est cher, cependant un type simple appelé un four en baril a été développé. Il est construit par la soudure bout à bout de deux barils d'essence de 220 litres pour former un long baril avec un fond solide. Trois trous d'environ 5 cm de diamètre sont espacés également sur un côté à partir de la base. Ce four a un rendement élevé. Il peut être rempli de charbon en 2 à 3 heures.

Le four opère de la même manière qu'un four continu. Un petit feu est allumé au fond et le bois est ajouté au fur et à mesure qu'il brûle. Il y a très peu de fumée sauf si le bois est ajouté trop rapidement. Le bois brûlant forme du charbon qui tombe au fond. Quand le trou d'aération du fond est bouché avec des charbons, scellez-le avec de la boue. Comme il n'y a pas d'oxygène sous le feu, le charbon commence à refroidir. Le processus continue jusqu'à ce que tous les trous d'aération soient bouchés et que le four soit plein de charbon. Un couvercle est alors placé en haut et scellé avec de la terre, et le four est refroidi.



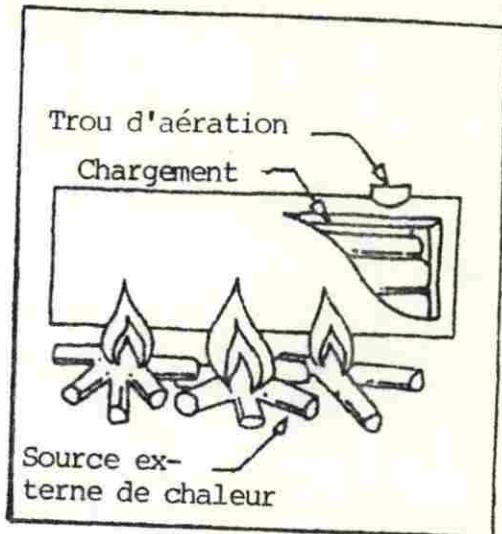
Une cornue est un conteneur métallique fermé sur lequel la chaleur pour la carbonisation est appliquée de l'extérieur.

Avantages

Charbon propre  
Bon contrôle de la chaleur  
Pas de perte du chargement pour fournir de la chaleur

Désavantages

Coût généralement élevé  
Plus complexe à construire et à utiliser.



Les cornues dans leur forme la plus simple sont très faciles à utiliser. Une boîte métallique est chargée de bois et scellée ne laissant qu'un petit trou d'aération pour l'échappement. La chaleur est appliquée de l'extérieur de la boîte jusqu'à ce que le chargement soit carbonisé.

Pour être économique, la chaleur utilisée pour chauffer une cornue doit provenir d'un surplus qui n'est généralement pas utilisé. Une partie de la chaleur peut être fournie en brûlant les gaz produits dans la cornue. Dans le four illustré (schéma un) des substances volatiles sont collectées avant que le gaz non condensable ne soit brûlé. Pour démarrer ce processus, une autre source de chaleur doit être appliquée ce générant les gaz nécessaires.

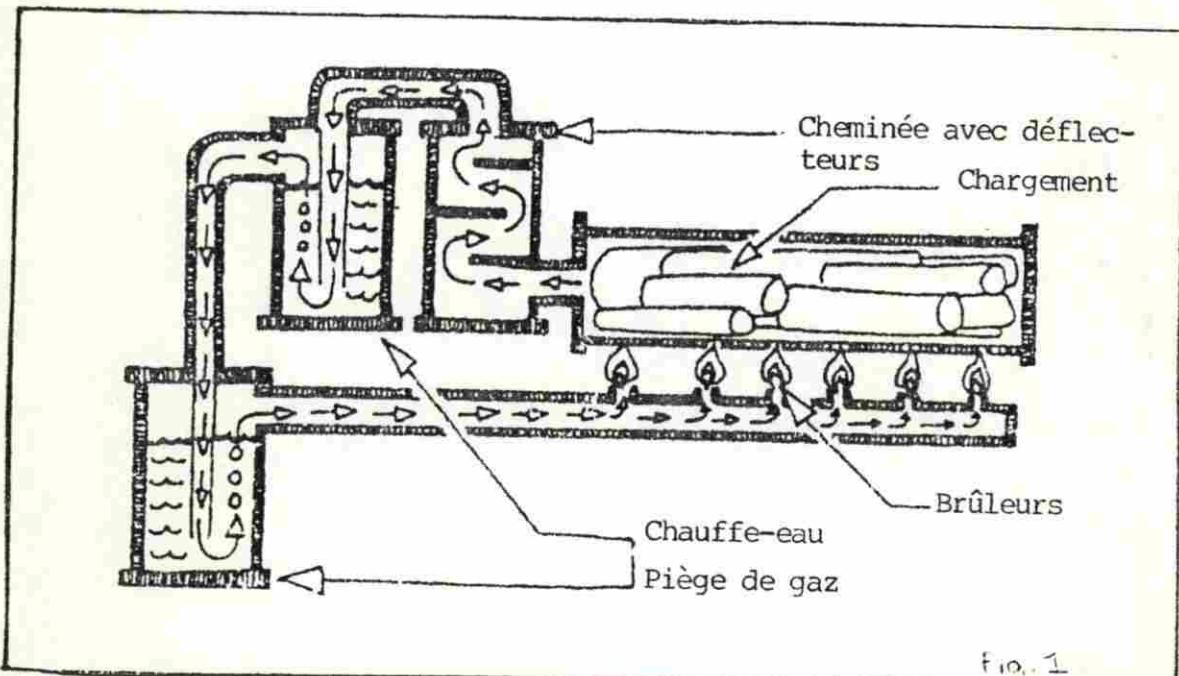


fig. 1

## CHAPITRE 10 : EVALUATION DE LA CONCEPTION D'UN FOUR

Il y a plusieurs façons d'évaluer un four. On en traitera deux ci-dessous :

### Evaluation par l'utilisateur

Une des évaluations les plus simples est d'observer si le four est accepté et utilisé par les charbonniers. Si le four est utilisé à plusieurs reprises, alors il peut être jugé comme accepté. Dès que que le charbonnier est habitué au four, c'est le bon moment pour sonder ce qu'il en pense. Toutes les modifications qu'il a faites dans la construction ou l'utilisation du four doivent être notées et prises en considération pour l'évaluation.

### Evaluation par le calcul de Rendement

Les rendements des fours sont utilisés pour comparer les différents fours et pour évaluer les variations dans leur conception et leur utilisation. Quand quelqu'un parle de fours avec un certain rendement en pourcentage, cela veut dire le poids du charbon produit par rapport au poids (anhydré) du bois utilisé pour le produire.

$$\frac{\text{Poids du Charbon Produit}}{\text{Poids du Chargement (Anhydre)}} \times 100 = \text{Rendement}$$

Il est immédiatement évident que tout le bois dans le four ne pouvait pas être anhydré avant sa carbonisation, ainsi ce chiffre anhydré est un chiffre calculé sur la base du poids du bois séché à l'air et du degré d'humidité du bois.

.../...

Pour avoir des mesures de rendement exactes, il est nécessaire de peser tout le bois qui entre dans le four. Sauf pour les opérations de recherche bien financées, cette opération n'est pas possible pour les grands fours. Cependant, des échantillons de poids peuvent être pris et un chiffre pour le poids moyen par stère peut être déterminé pour une utilisation locale. Le degré d'humidité peut être mesuré en pesant des échantillons, puis en le séchant à un poids stable, et en calculant le pourcentage d'humidité dans le bois suivant la formule ci-dessous :

$$\frac{A - B}{B} \times 100 = \% \text{ d'humidité}$$

ou A est le poids humide  
B est le poids anhydré

A partir de ce paramètre et du bois total du bois, le poids anhydré du chargement peut être calculé. Par exemple, un four de 100 stères a un poids moyen par stère de 325 Kg obtenu en pesant 10 échantillons de stères. 20 échantillons de bois pèsent 86 grammes avant d'être séché et 63 grammes après.

$$\frac{86 - 63}{63} \times 100 = 36,5 \% \text{ d'humidité}$$

Le poids total du bois est :

$$325 \text{ Kg} \times 100 \text{ stères} = 32\ 500 \text{ Kg}$$

Le poids anhydré est

$$\frac{32\ 500 \text{ Kg}}{1,365} = 23\ 809 \text{ Kg}$$

(1 + 36,5 % exprimé comme un décimal)

Le poids total du charbon produit était 6 653 Kg

Le rendement du four est :

$$\frac{6\ 653 \text{ Kg de charbon}}{23\ 809 \text{ Kg de bois anhydré}} = 27,9 \% \text{ rendement}$$

.../...

Tout ceci est bien, mais que fait-on avec le bois qui ne s'est pas carbonisé complètement et qu'on appelle des tisons. Ils peuvent être utilisés pour évaluer l'efficacité du four en notant combien vous en avez et de quelle partie du four ils proviennent. Comme règle générale, 2 % ou moins du volume total du four est un niveau acceptable de tisons. Ceci est un chiffre arbitraire et peut ne pas s'appliquer à tous les fours. Les très grands morceaux de bois dans le four peuvent prendre plusieurs cycles de production pour carboniser totalement. Les tisons peuvent être considérés comme du bois anhydré et soustrait du poids total calculé de bois anhydré. Dans l'exemple ci-dessous la sous-traction de deux stères de tisons donnera :

$$238 \text{ Kg (poids moyen d'un stère anhydré)} \times 2 = 476 \text{ Kg}$$

$$23\ 809 \text{ Kg} - 476 \text{ Kg} = 23\ 333 \text{ Kg}$$

$$\frac{6\ 653 \text{ Kg de charbon}}{23\ 333 \text{ Kg de bois anhydré}} \times 100 = 28,5 \% \text{ rendement}$$

Si c'est un four expérimentiel, pesez les tisons pour avoir une plus grande exactitude.

Ce calcul ne plaît pas beaucoup à certaines personnes. Enlevez une partie du chargement qui n'a pas été carbonisé, mais qui entraîne une augmentation du rendement revient à biaiser d'une certaine façon le résultat. Cependant, si vous considérez que les tisons n'ont eu aucune part dans le rendement final de charbon, puisqu'ils ne sont pas transformés en charbon, alors ils ne doivent pas figurer dans le calcul. C'est pour cela que nous avons établi pour les tisons un seuil à ne pas dépasser. Au dessus de ce seuil, il y a trop de tisons, ce qui indique que le four n'a de toute façon pas fonctionné correctement et qu'il est inutile de calculer le rendement.

..../...

Il est plus significatif d'exprimer toutes les variables et suppositions pour donner des chiffres de rendement. Par exemple, un rapport typique pourrait être : four de 100 stères, stère moyen de 325 kg, degré d'humidité sur la base anhydree de 36,5 % 467 kg de tisons, rendement de 28 % excluant les tisons.

Les chiffres de rendement ne donnent pas beaucoup d'informations utiles au forestier qui veut savoir combien de charbon peut être produit sur une superficie de terre ou à partir des volumes de bois solides. Un chiffre plus utile peut être le ratio kilogrammes par stère. Le ratio kilogrammes par stère est aussi plus utile pour la surveillance d'un four lorsqu'un modèle est en marche et lorsque vous connaissez ce chiffre en fonction de vos conditions et de la période de l'année. Par exemple, si vous faites marcher un four de Casamance de 100 stères au Sud du Sénégal pendant la saison sèche, vous savez que ce chiffre doit être entre 90 et 130 kg/stère. Si ce n'est pas le cas, alors vous en cherchez la raison. Ce même chiffre ne s'appliquera pas à n'importe quel autre modèle de four, taille, localisation, saison, etc. C'est un chiffre de production normal local. Il ne prend pas en compte ni le degré d'humidité ni la densité du bois. Un four Casamance dans le Sud du Sénégal a atteint 200 kg par stère, mais c'était en utilisant un bois très sec et dense pendant la saison sèche avec de meilleures conditions par les stagiaires (qui peuvent être beaucoup plus précis puisqu'ils ne veulent pas faire d'erreurs) et sous la direction d'un formateur excellent.

Déterminer le rendement d'un modèle spécifique de four exige l'évaluation de plusieurs cycles de production. S'il y a une variation de plus de quelques pourcentages dans les résultats, alors davantage de répétitions seront nécessaires.

.../...