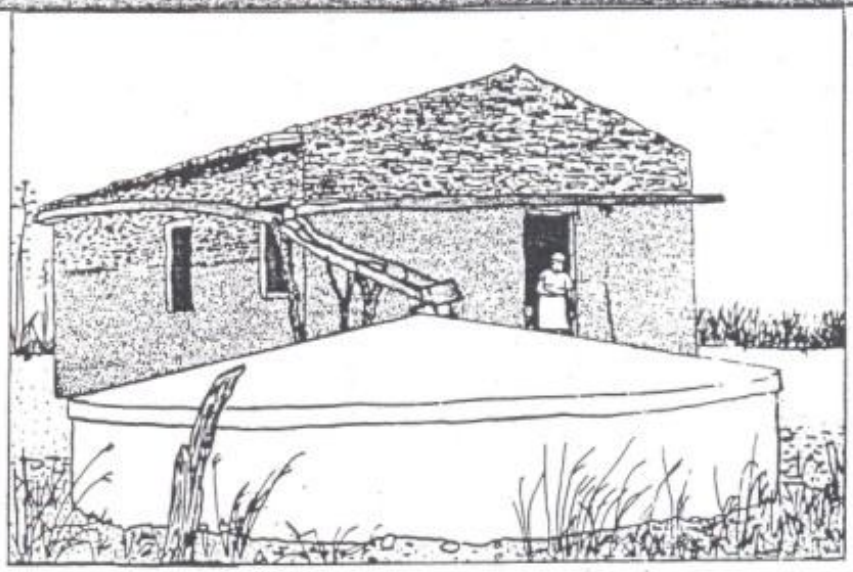
La citerne en plaques de béton

Techniques de Construction

Claire BERNAT
Remy COURCIER
Eric SABOURIN



Programme Solidarité Eau

Sudene

U P P A
Utilização Produtiva de Pequenos Açudes

La citerne en plaques de beton .

INTRODUCTION

Ce type de citerne cylindrique semi-enterrée, en maçonnerie de plaques de béton, a été mis au point dans les années 70 par des maçons du Nord-est semi-aride du Brésil (etats de Bahia et Sergipe) et s'est depuis étendu à toute la région. La durabilité des citernes et leur coût modeste font d'elles des constructions très adaptées pour la captation et le stockage familial des eaux de pluie spécialement dans les zones rurales sèches d'habitat dispersé.

La quantité réduite des matériaux utilisés (moins d'un sac de ciment par m^3 stocké) et l'importance des travaux manuels non spécialisés (creusement du trou, sable, eau, confection du mortier...) font de ce type de citerne un investissement adapté aux situations des plus pauvres.

Pour garantir la qualité et la durabilité de l'ouvrage toutes les instructions qui sont exposées en detail dans ce manuel doivent être suivies scrupuleusement .

LE CHOIX DE L'EMPLACEMENT DE LA CITERNE

La localisation de la citerne doit prendre en compte plusieurs elements:

1. Le niveau de la base du toit: la citerne doit être placée dans la partie la plus basse pour pouvoir recevoir par gravité les eaux qui coulent de tous les cotés de la maison.

2. La nature du terrain: détermine la profondeur possible de la fondation. On préferera les sols sableux sans grosses pierres.

- Les sols rocheux rendent très dificile le creusement de la fondation et peuvent déterminer la réduction de la profondeur et du volume de la citerne .

- Les sols très argileux présentant des phénomènes de dilatation peuvent nécessiter des précautions particulières.

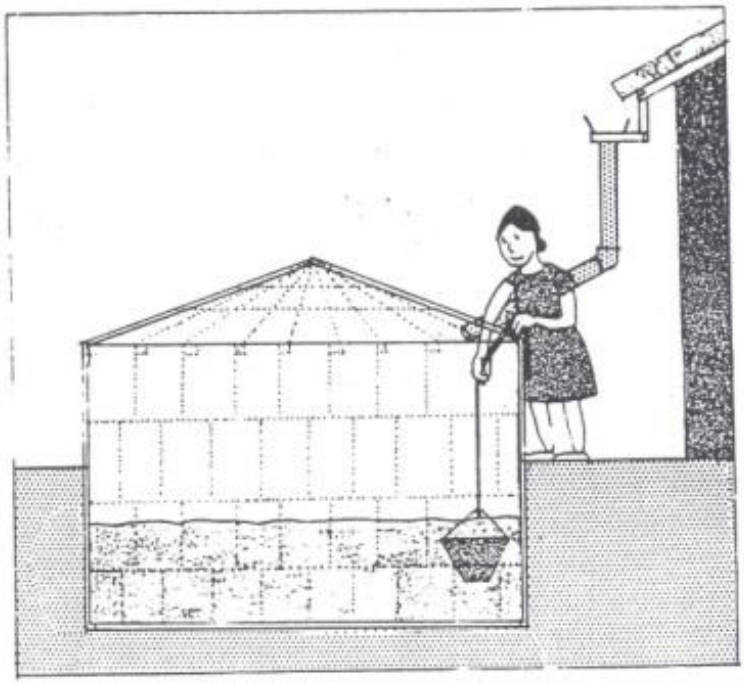
- La présence d'un materiau dur au fond de la fondation renforce la stabilité de la citerne.

3. La couverture vegetale: on doit chercher un endroit sans et/ou loin des arbres et arbustes dont les racines peuvent provoquer des fissures et des fuites dans le mur de la citerne.

4. Les latrines, les animaux, et les tas d'ordures: doivent etre distants d'au minimum 10 ou 15m de la citerne pour éviter la contamination de l'eau stockée.

5. La localisation de la cuisine: Si la principale utilisation de la citerne est domestique, on cherchera à localiser la citerne le pres possible de la cuisine.

IV. LE DEBUT DE LA CONSTRUCTION



La citerne est réalisee en maçonnerie de plaques de ciment pré-moulées qui peuvent être produites sur place. Après le creusement du trou et la mise en place d'une dalle de fond, on "monte" un mur circulaire en placant l'une sur l'autre plusieurs rangées de plaques qui sont ensuite ligaturées à l'exterieur puis crépies à l'interieur et à l'exterieur.

Dans un deuxieme temps on construit le toit avec d'autres plaques pré-moulues triangulaires que l'on place sur des poutres de béton armé et l'on crepit le toit de l'exterieur.

La construction de la citerne de plaques s'organise selon un calendrier de travail rigoureux en 4 etapes principales:

1- creuseument du trou

2- fabrication des plaques et des poutres

3- construction des murs

4- construction du toit

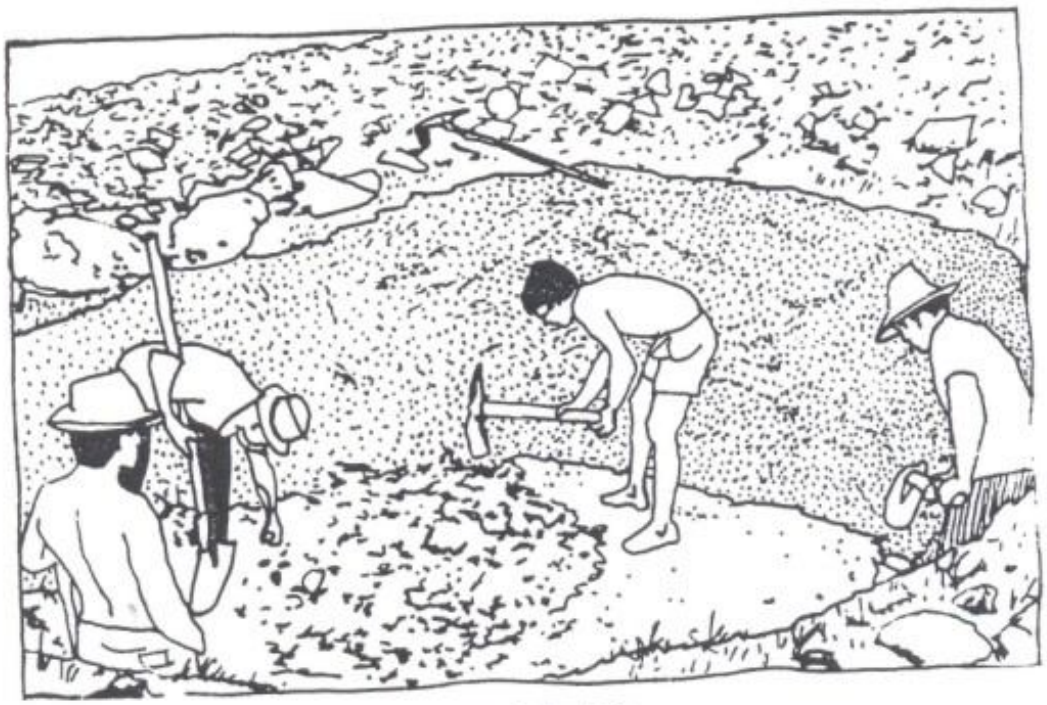
V. DESCRIPTION DES ETAPES DE CONSTRUCTION (Citerne de 15m^3).

1. CREUSEMENT DU TROU

La forme du trou doit être cylindrique, avec un rayon de 1.90 m ce qui correspond au rayon du réservoir + plus 0.50m (espace réservé pour le travail pendant la construction)

- Une fois définie la localisation excate, tracer une ligne de 1.90 m et marquer le cercle de base autour d'un piquet placé au centre.

- Creuser le terrain ainsi délimité, de facon à ce que les dimensions du cylindre soient maintenues jusqu'a la profundeur de 1.30m si possible, la hauteur totale des murs de la citerne devant être de 2.40 m. Si on rencontre un sol présentant beaucoup de pierres, la profondeur du trou peut être en partie réduite, mais sans dépasser le minimum de 1m. Sinon on risque de porter prejudice à la stabilite et à la resistance de la citerne, (il faut proteger au maximum le reservoir de l'exposition du soleil, qui affaiblit toujours le ciment).



Creusement du trou

2. CONSTRUCTION DES PLAQUES ET DES POUTRES.

2.1 LES PLAQUES.

Matériel:

- sable + ciment, en proportion de 4,5 / 1. Preparer le mortier avec 4,5 bidons de sable pour 1 bidon de ciment[5]. Le sable qui doit être utilise doit être lave, tamise et de diamètre moyen, ni grossier, ni fin. On peut utiliser des sables de bord de route ou de riviere, si ils ne sont pas salés. La durabilité des plaques dépend beaucoup de la qualité du sable.

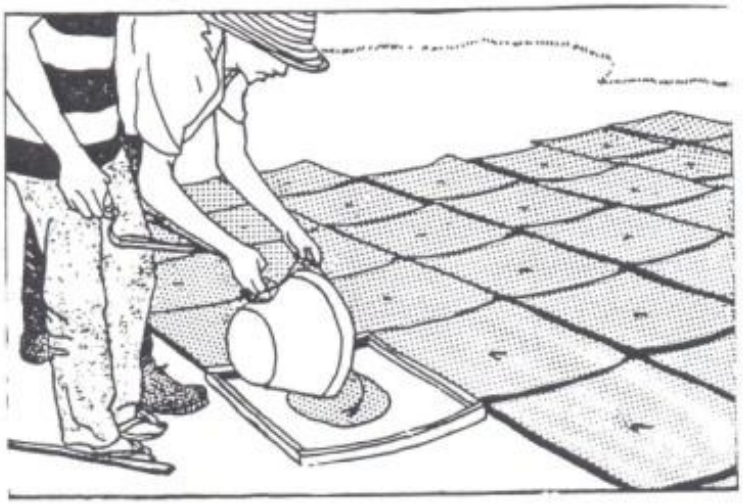
- sable fluide

- Les moules sont des quadres de bois rectangulaires et incurvés dans le cas des plaques du mur (voir description a l'annexe 1)

- largeur = 50 cm,
- longueur = 60 cm,
- epaisseur = 3 cm,
- courbure = 2.5 cm

Les plaques du toit sont triangulaires et divisées en trois parties

- largeur externe = de 6 cm a 50 cm
- longueur = 140 cm
- epaisseur = 2.5 cm



Placer le mortier au centre du moule

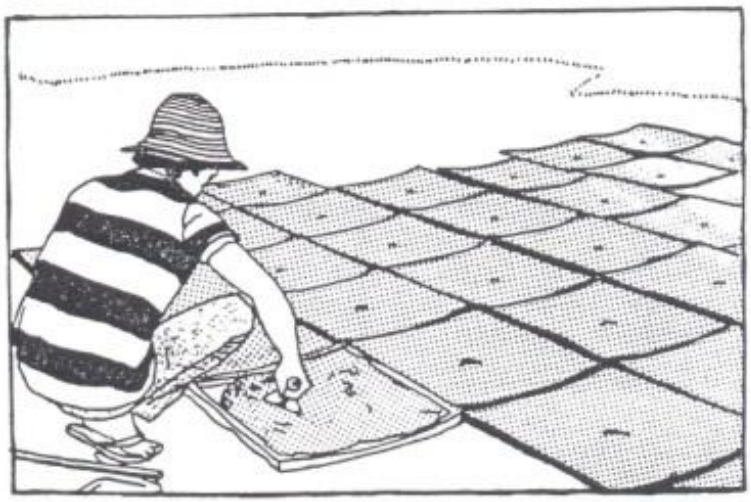
Procede:

- mettre par terre une couche de sable de 2 a 3 cm de epaisseur, de facon uniforme, dans un endroit à l'ombre.

- pour les plaques du mur: glisser le moule, placé sur le cote concave, de façon a creuser progressivement la couche de sable déposée au sol jusqu'à ● obtenir la forme lisse et courbe de la future plaque;

- placer le moule sur le sable, du cote concave.

Le "bidon" correspond a 5 gallons ou 18,5 litres.



Repartir le mortier avec la truelle

- renverser un bidon de mortier au milieu du moule, et repartir la masse en l'etendant avec la truelle, et passer la règle au dessus du moule pour obtenir une superficie bien lisse.

- faire une entaille avec la truelle au milieu de la plaque, de facon à laisser une aspérité ou pourra se placer le baton qui va maintenir la plaque au moment de la construction du mur.

- retirer le moule et le mettre à coté, pour mouler une autre plaque, jusqu'a confectioner l'ensemble des plaques nécéssaires. Pour la citerne de 15m^3, on a besoin de faire 68 plaques pour le mur (17 pour chacune des quatre rangs) et 17 groupes de plaques du toit (trois morceaux de plaque par élément) .

Pour les 17 plaques du dernier rang, on fait une ouverture dans chaque plaque en retirant un carré de 10 cm du coté supérieur droit juste après avoir placé le mortier (c'est dans ces entailles que l'on placera les poutres du toit).

- Laisser les plaques sécher pendant 2 a 3 jours. On mouille superficiellement avec de l'eau en cas de temps chaud et sec. Un séchage trop rapide peut provoquer des fissures dans les plaques.

Fabrication des plaques du toit

2.2 LES POUTRES

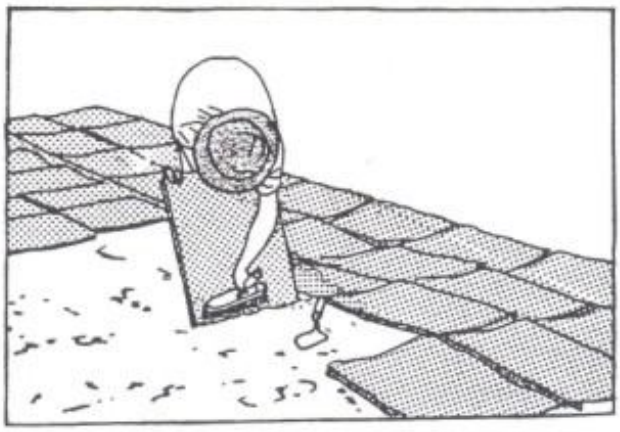
Les poutres sont confectionnées en placant le mortier dans le moule ou a été placé un fer à béton tordadé.

Materiel:

- sable moyen + gravier + ciment, pour faire un béton 2 : 2 : 1 en mélangeant 2 bidons de sable, 2 bidons de gravier et 1 bidon de ciment, et mélanger l'ensemble avec l'eau.

- 4 planches en bois (longueur =180 cm, largeur 6 cm, épaisseur 2 a 3 cm)

- 17 fers à béton 1/4 " de 190 cm de longueur et avec une extrémité de 10 cm repliée en forme de crochet.



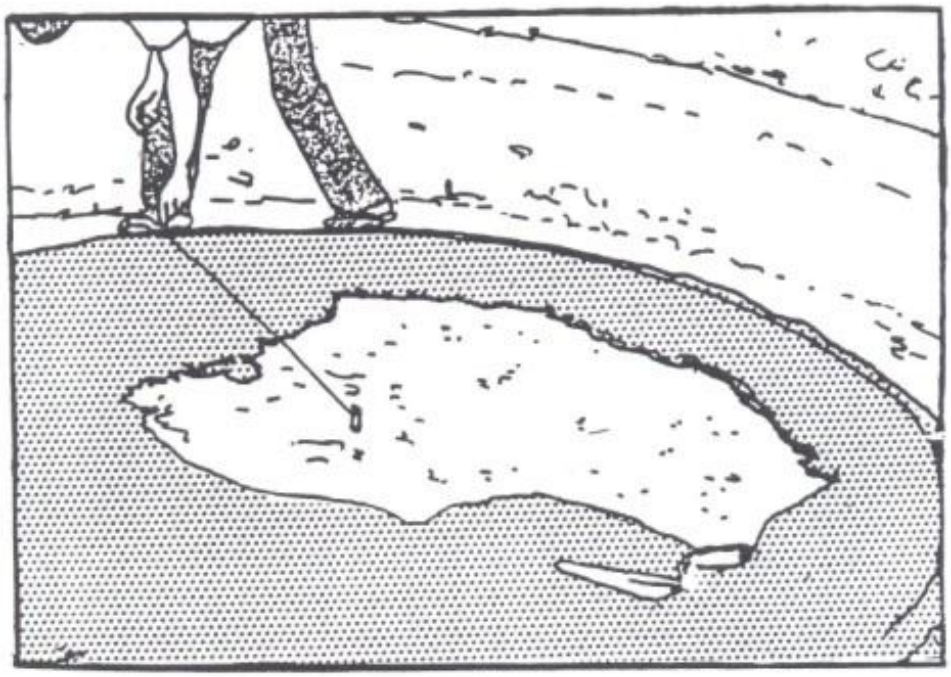
Nettoyage des plaques

3. CONSTRUCTION DES MURS

3.1. DALLE DE FOND

Materiel

- sable + gravier + ciment; faire un mortier de 4 : 3 : 1 comme dans le cas du mortier des poutres. Un sable grossier renforcera le béton.



Fabrication des poutres

Procédé:

- disposer à terre une couche de sable de 2m de longueur sur 1.20m de largeur, et de 2 cm d'épaisseur;

- mettre 2 planches parallèles à terre, espacées de 6 cm, et une autre planche placée perpendiculairement. Ces planches vont constituer le moule de la poutre,

- placer des petites quantités de mortier reparties en 3 endroits entre les 2 planches parallèles,

- placer le fer à béton de façon à ce que les tas de mortier le maintiennent en position centrale. Le crochet est placé dans l'extremite libre du moule,

- remplir de mortier le moule constitué par les planches jusqu'a une hauteur de 6 cm et égaliser avec la règle,

- mettre une nouvelle planche parallèle, à 6 cm à coté de la première, et recommencer le même travail pour faire une autre poutre. La planche perpendiculaire aux autres reste dans la même position pendant toute la construction des poutres. Les planches parallèles doivent être déplacées pour la fabrication de chaque nouvelle poutre et du sable doit être placé au sol quand le nombre des poutres s'accroit.

- laisser sècher les poutres pendant 8 jours pour que le sèchage soit progressif comme dans le cas des plaques.

Tracer de nouveau le cercle sur la dalle de fond

Procede:

- mettre un piquet au centre du trou et tracer un cercle au sol, a l'aide d'une corde de 1.40m, avec un piquet attache a son extremite (citeme de 1,40 m de rayon),

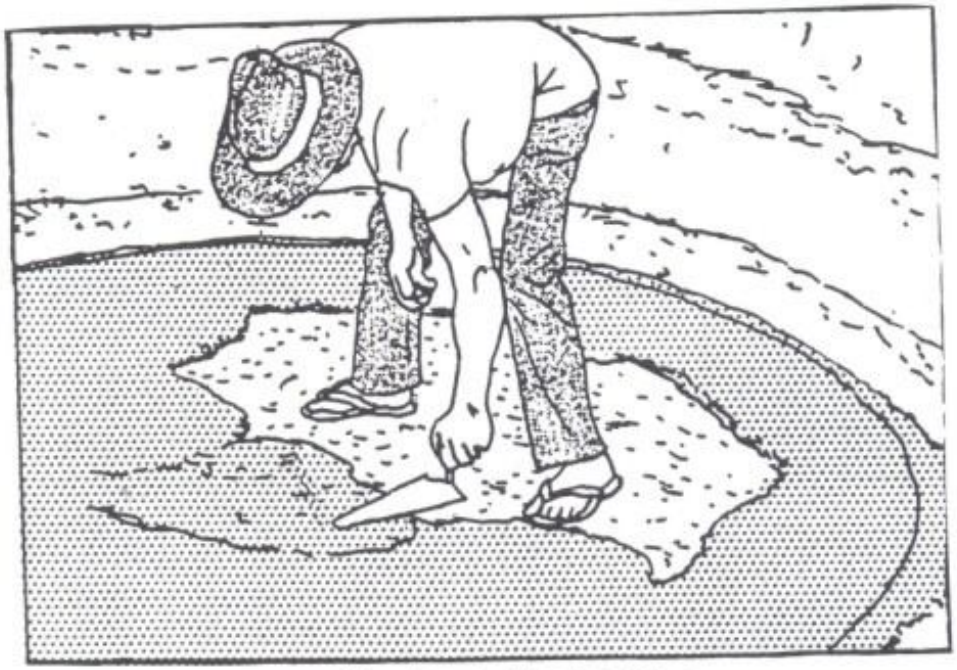
- placer le mortier dans ce cercle avec un seau, en depassant le cercle de 10 cm a l'exterieur.

- verser et repartir le mortier avec la truelle sans marcher dessus de facon a ce qu'il soit bien dense, sans aucun vide ni defaut, avec une epaisseur de 3 a 5 cm. Si le materiau du fond est un sable instable, l'epaisseur doit etre augmentee et le mortier renforce; au contraire, un fond compact et rocheux necessite moins de beton

- avant de terminer de placer le mortier sur toute la superficie de la dalle, tracer de nouveau, sur le mortier, le cercle de 1.40m de rayon et retirer le piquet.

- terminer de placer le mortier sur toute la dalle de fond.

On n'attend pas le sechage de la dalle et l'on comence imediatement a placer les plaques.



Terminer la dalle de fond

3.2. MISE EN PLACE DES PLAQUES:

Les plaques doivent être montées et jointes entre elles avec du mortier. Au moment ou elles sont placees, elles devront etre maintenues debout, bloquees par des batons de bois.

Materiel

- sable+ ciment, mortier 2 : 1 ; préparer le mortier avec 2 bidons de sable par 1 bidon de ciment.

- 102 batons fins en bois, de plusieurs tailles, qui serviront à maintenir les plaques des murs. Utiliser les arbustes, branches, bambous..., disponibles dans la region pour couper 34 batons de 40 cm de longueur, 34 batons de 110 cm de longueur, 17 batons de 160 cm, 17 batons de 220 cm .

- 1 planche bien droite de 120 cm de longueur et 4 a 5 cm de largeur qui sera utilisée comme règle.

Procede:

- nettoyer les plaques avec une brosse dure pour retirer le sable accroché aux plaques; les plaques doivent être rugueuses à l'exterieur pour bien maintenir ensuite le mortier du crépi.

Premier rang:

- placer, sur une longueur de 0,5 m (espace correspondant à une plaque), une couche de mortier de 1 cm d'épaisseur au dessus du cercle tracé sur la dalle de fond .

- mettre verticalement la premiere plaque sur la couche de mortier qui vient d'être placée et régulariser le mortier avec la truelle.

- placer deux batons de 40 cm, l'un devant, l'autre derrière pour maintenir la plaque en position verticale.

- ajuster la verticalité de la plaque avec le fil à plomb.

- placer, à coté, une autre couche de mortier de 50 cm de longueur, sur la dalle de fond a l'endroit du cercle tracé.

- mettre la deuxième plaque à cet endroit a 2 cm de la première et régulariser le mortier au pied de la plaque.

- maintenir la plaque de la même facon avec deux batons et ajuster de même la verticalité avec le fil à plomb.

- placer verticalement la planche de 120 cm à l'exterieur de l'interstice entre les deux plaques. La maintenir avec une main et placer a l'aide de la truelle le mortier entre les deux plaques. Bien lisser et retirer la planche.

- placer ensuite une autre plaque de la même facon à 2 cm et continuer ce travail de mise en place de plaque jusqu'a compléter le premier rang.

Mise en place des plaques du premier rang

Deuxieme rang:

- placer une couche de mortier de 1 a 2 cm d'épaisseur au dessus de 3 plaques du premier rang.

- mettre une plaque au dessus de la jonction des 2 ~~des~~ plaques du premier rang et la maintenir en place avec deux batons de 1.10 m de longueur.

- ajuster la verticalité avec le fil à plomb.

- placer une autre plaque à 2 cm de la premiere, la maintenir avec les bâtons et ajuster sa verticalité.

- joindre les 2 plaques avec la planche de 1.20 m, la truelle et le mortier.

- continuer de placer les plaques de la même facon jusqu'a compléter le deuxieme rang.

Mise en place des plaques du second rang

Troisieme rang:

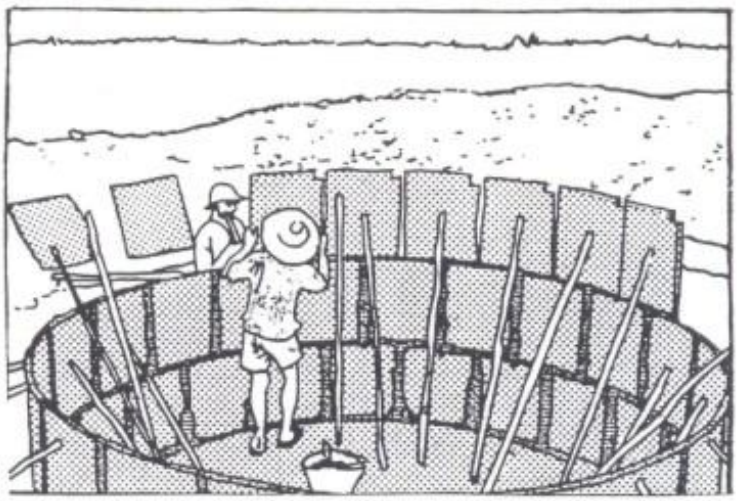
- placer et joindre les plaques de la même facon que pour les autres rangs en utilisant les batons de 1m 60 à l'interieur et de 1m 10 à l'exterieur.

Quatrieme rang:

- utiliser les plaques qui ont l'entaille carrée de 10 x 10 cm.

- placer et joindre les plaques du quatrieme rang en utilisant les batons de 220 cm a l'interieur et de 160 cm a l'exterieur et en placant toujours les entailles en position superieure.

- se placer à l'exterieur pour joindre les tois dernieres plaques.



Mise en place du dernier rang

3 . 3 LIGATURE DES MURS

Materiel: fil de fer de 12

Procédé:

La ligature des murs peut être réalisée une heure après la fin de la mise en place des plaques. On doit commencer par le bas c'est a dire:

- les deux premiers rangs, enterrés, sont ligaturés avec chacun 4 fils de fer. Deux fils sont placés, un à la base de la plaque et un autre dans la partie supérieure. Deux autres fils sont placés au centre et espacés de 20 cm.

- entourer le mur avec le fil de fer.

- quand le tour est complet, tourner la pointe deux fois autour du fil en le serrant puis couper le fil. Le fil doit etre assez serré pour rester en place bien "collé" contre les plaques mais pas trop pour ne pas risquer de casser le mur.

- effectuer le même travail autour des autres rangs.

- les troisièmes et quatrièmes rangs, à l'air libre, sont renforcées en placant 9 fils de fer par rang. Placer un fil à 2 cm du haut et un autre à 2cm du bas de la plaque. Placer ensuite 7 fils espacés en moyenne de 7 a 8 cm.

Crépi exterieur de la partie basse

- pour crépir, jeter et repartir avec la truelle le mortier sur le mur pour obtenir une couche uniforme de + - 1 cm d'epaisseur.

- passer la règle pour régulariser le crépi.

- mouiller le crépi avec un gros pinceau et lisser avec une plaque de bois.

- remplir l'espace entre la citerne et le sol avec du matériau placé de coté durant le creusement du trou en excluant les matieres organiques (feuilles, racines....).

Crépi interieur

Le crépi interieur doit être fait après le crépi exterieur de la partie basse et doit être fait en un seul jour.

- faire le crépi du fond de la citerne de la même facon que l'on fait le crépi de l'exterieur mais avec une épaisseur de 3 a 4 cm (placer le mortier, égaliser, passer la règle, mouiller et lisser avec la plaque de bois).

- repandre du ciment pur en poudre sur le fond de la citerne et le mouiller avec de l'eau et le pinceau bien egaliser avec la truelle.

- apres le fond on fait le crepi interne du mur de la meme facon avec une épaisseur de 1 à 2 cm.

- 1 ou 2 jours après on place avec le pinceau, l'enduit imperméabilisant sur le fond et sur le mur interne. Passer deux couches sucessives d'enduit. La seconde ayant plus de ciment que la premiere.

Crépi exterieur

- terminer le crépi exterieur au dessus du niveau du sol (même technique que précédemment pour le crepi extérieur de la partie basse).

- laisser sécher un jour en mouillant le crépi si le temps est tres sec.

4. CONSTRUCTION DU TOIT

4 . 1 Le pilier central

Matériel

- une planche ou une poutre de bois de 2 m de long et de 20 cm de large.

- un pilier de bois de 2,70 m de haut.

- un disque de bois de 50 cm de diamètre (épaisseur de 3 cm).

- une corde de 3 m de long

- 3 clous de 2.5 / 10

Procédé

- mettre la planche de 2 m sur le mur de la citerne en position horizontale et au centre.

- mettre le pilier central au centre du fond de la citerne en l'appuyant au centre de la planche.

- monter sur la planche et clouer le disque de bois en haut du pilier central de facon qu'il reste bien horizontal.

- vérifier la position exacte du pilier central en mesurant les distances du pilier au mur de la citerne. S'il le faut, déplacer le pilier pour que les distances soient bien égales.

- attacher bien fortement le pilier au centre de la planche avec la corde.

Mise en place des poutres

Matériel

- 17 poutres

- sable et ciment dans la proportion 5 : 1 (5 bidons de sable pour un de ciment)

- sable, gravier et ciment dans la proportion 2 : 1: 1 (2 bidons de sable et 1 bidon de gravier pour un bidon de ciment) .

- fil de fer 12

Procédé

- mettre deux poutres l'une en face de l'autre en les placant d'un coté, sur le mur dans les entailles de 10 x 10 cm, et de l'autre sur le disque de bois avec le crochet vers le haut.

- mettre deux autres poutrelles l'une en face de l'autre au milieu des deux premières.

- continuer à placer progressivement les poutrelles de facon équilibrée en conservant le disque et le pilier central dans leur position exacte.

- lier les poutrelles ensembles en entourant les crochets au centre avec deux tours de fil de fer 12 et serrer avec la pince.

- verser un seau de mortier 2 : 1 : 1 au dessus des crochets attachés, sur le disque de bois; égaliser avec la truelle.

- compléter avec du mortier 5 : 1 les espaces entre la base des poutrelles et les entailles du mur, à l'interieur et à l'extérieur.

- vérifier la stabilité des poutrelles; si une d'elles présente des fissures, placer une béquille sous la poutre pour la soutenir pendant la phase de mise en place des plaques du toit.

4.3 MISE EN PLACE DES PLAQUES DU TOIT:

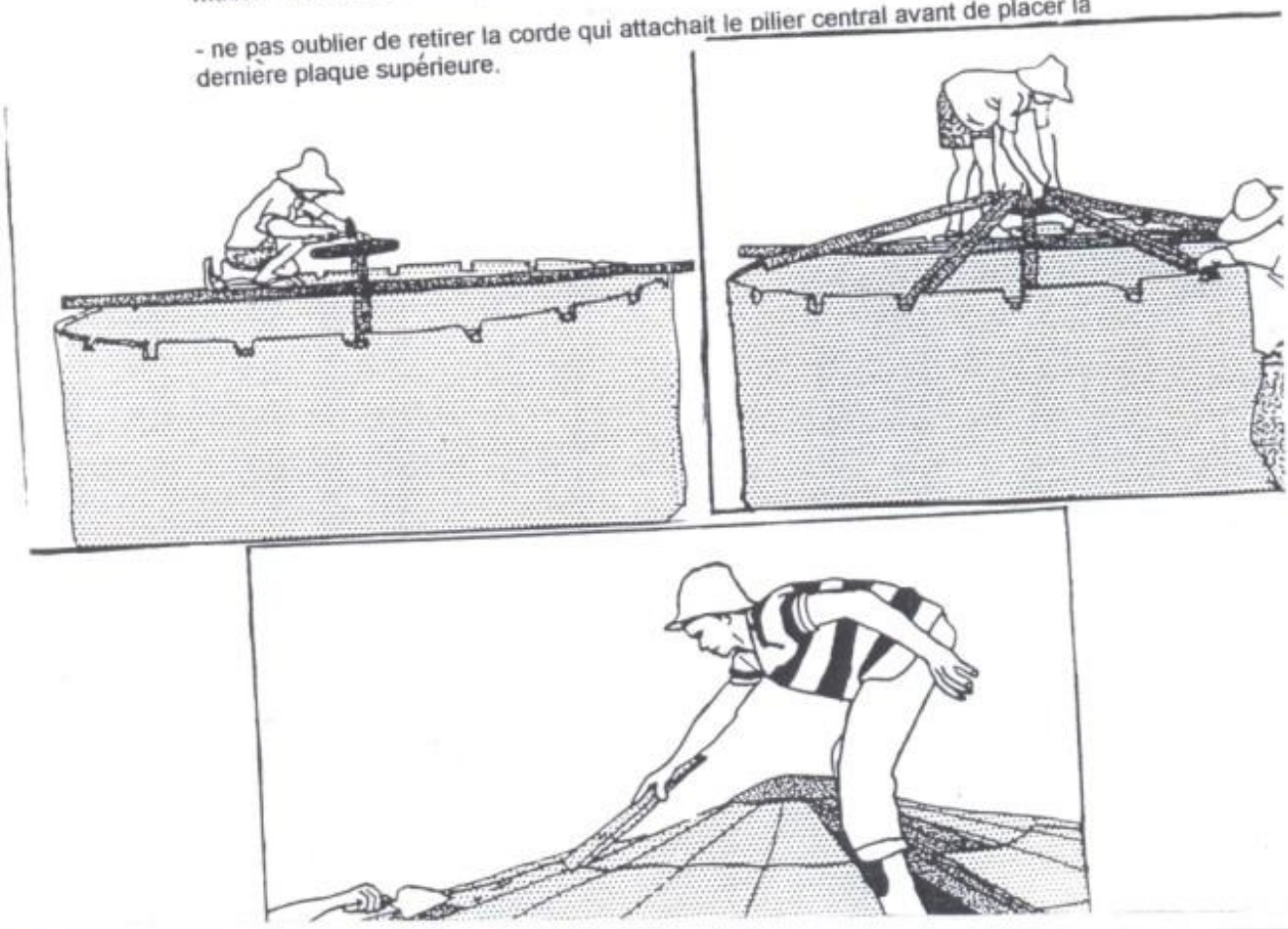
Les plaques du toit doivent etre placées juste après la mise en place des poutrelles.

Materiel:

- 17 plaques trapézoidales, chacune constituée de 3 éléments.
- sable et ciment dans la proportion de 5 : 1 (5 bidons de sable pour un bidon de ciment)

Procede

- comencer pour la parte basse du toit: mettre une plaque de base, les plus larges, en l'appuyant sur 2 poutrelles et sur le mur.
- mettre le mortier 5 : 1 entre la plaque et le mur
- placer une autre plaque de base à coté de la première
- mettre de même du mortier entre cette plaque et le mur puis entre les 2 plaques
- continuer à mettre de la même facon toutes les plaques de base a l'exception de 2 plaques là où se trouve la planche .
- recomencer l'opération avec les plaques intermédiaires puis avec les plaques supérieures; pour cela le maçon doit monter sur la planche centrale pendant que l'aide macon reste au sol en lui passant les plaques et en mettant le mortier
- ne pas oublier de retirer la corde qui attachait le pilier central avant de placer la dernière plaque supérieure.



4.4 CREPI EXTERNE DU TOIT:

Matériel

- sable et ciment en proportion de 5 : 1 (5 bidons de sable pour 1 bidon de ciment)

Procédé

- comencer le crépi à partir du haut.

- placer le mortier et le répartir avec la truelle sur toute la surface externe du toit sur un centimètre d'épaisseur.

- passer la règle pour égaliser

- mouiller avec l'eau et le pinceau et lisser.

- retirer la planche centrale et fermer une des ouvertures en laissant l'autre ouverte pour l'entrée de l'eau (prévoir cette position lors de la mise en place de la planche centrale).

4.5 PHASE FINALE:

Pour la finition de la citerne on place en haut du mur une couche de mortier pour l'isoler des pluies.

Matériel

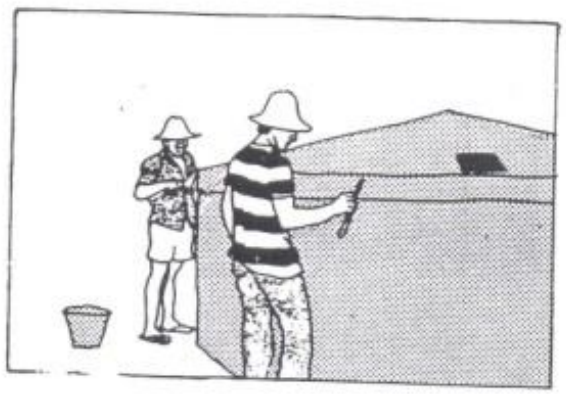
- sable et ciment pour un mortier 5 : 1 (5 bidons de sable pour 1 bidon de ciment)

Procède

- placer le mortier à la jonction entre le toit et le mur sur une largeur de 10 cm et une épaisseur de 1 cm, égaliser avec la truelle.

- passer la règle mouiller et lisser.

- couper la partie basse de cette couche pour égaliser sa largeur sur tout le tour de la citerne.



VIII. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

O quadro seguinte apresenta o custo dos materiais e da mão-de-obra necessários para construir un cisterna de placas com capacidade de 7.7, 10, 11, 15, 20, 25, 30, e 50 m^3.

Estes dados mostram que os custos relativos à escavação do buraco e à mão-de-obra contratada pe pedreiro (assistente), representam perto de 40% do custo total. Isto quer dizer que a participação d família beneficiada no trabalho de construção pode reduzir o custo de implantação deste modelo d cisterna, em termos de investimento financeiro.

As características técnicas referentes aos diferentes volumes de cisternas construídas na região d Pintadas podem ser consultadas no anexo 2.

Caso de uma cisterna de 15 m^3.

Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço em US$[7] Unitario	Total
escavação	m^3	14.7	4.44	65.3
bica de zinco	kg	25	1.55	38.7
saco de cimento	saco	13	5.77	75.1
arame 12	kg	12	1.77	1.3
ferro 1/4	kg	6	1.29	7.8
areia (lata)	20 l	90	0.06	6.0
brita "	20 l	9	0.88	8.0
água	200 l	7.5	0.66	5.0
Vedacit	kg	1	2	2
mão de obra	dia	6	10	60
TOTAL				289.2

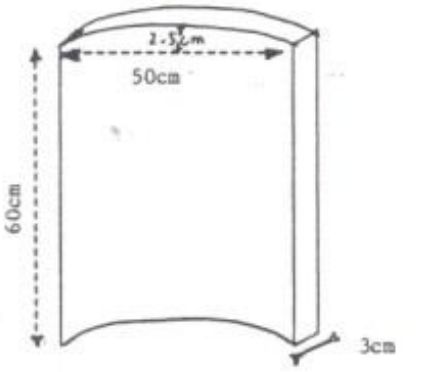
Custos em Salvador em fevereiro 1991: 1 US$ = 225 $Cr. ao câmbio comercial.

ANEXO 2:

1.CARACTERÍSTICAS PARA DIFERENTES VOLUMES DE CISTERNA DE PLACA (modelo Pintadas)

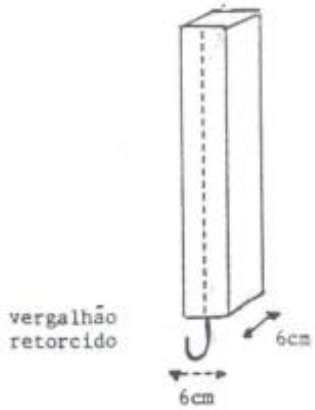
				Placas Da Parede			Placas Cobertura		Caibros	
VOLUME (m3)	raio (m)	Prof. (m)	altura total(m)	No de fileiras	N° placas /fileira	curva placa	No de placas	compri-mento	No de caibros	compri-mento
7	1.17	0.8	1.8	3	14	3,5cm	14	1.02	14	1.10
10	1.17	1.2	2.4	4	14	3.5	14	1.02	14	1.10
11	1.40	0.8	1.8	3	17	2.5	17	1.24	17	1.28
15	1.40	1.3	2.4	4	17	2.5	17	1.24	17	1.28
20	1.60	1.3	2.4	4	19	2.2	19	1.45	19	1 40
23	1.73	1.3	2.4	4	21	1.6	21	1.53	21	1.61
28.2	1.73	1.8	3	5	21	1.6	21	1.53	21	1.61

PLACAS DA PAREDE



PLACAS DE COBERTURA

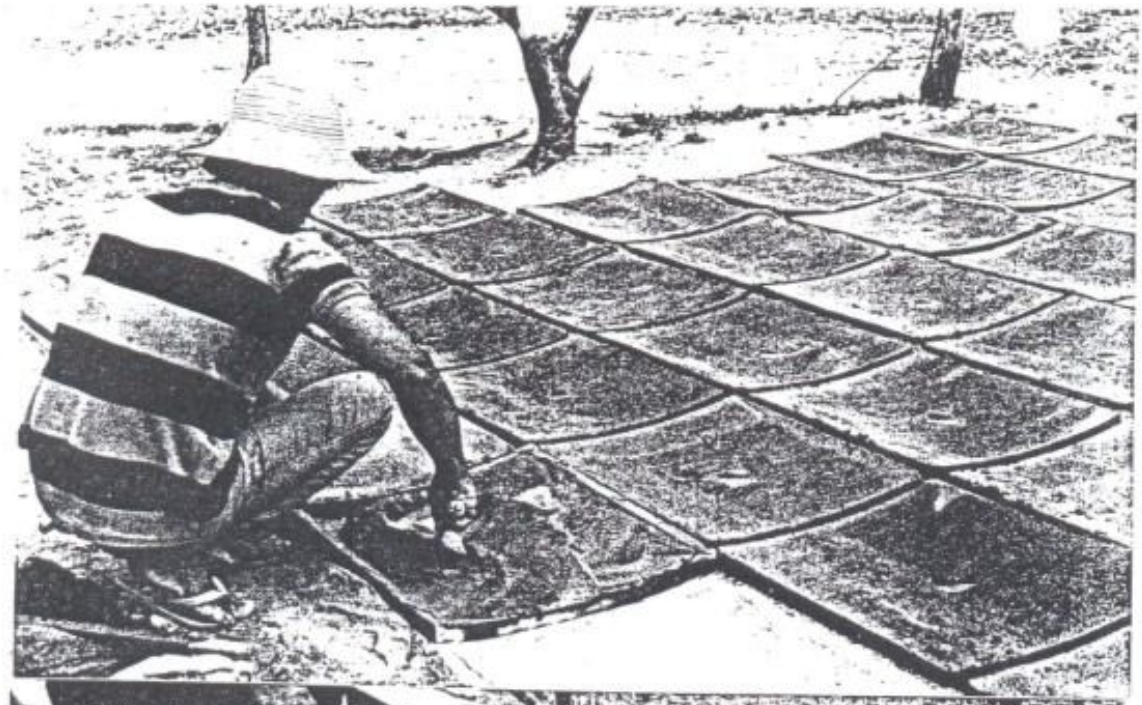
CAIBROS



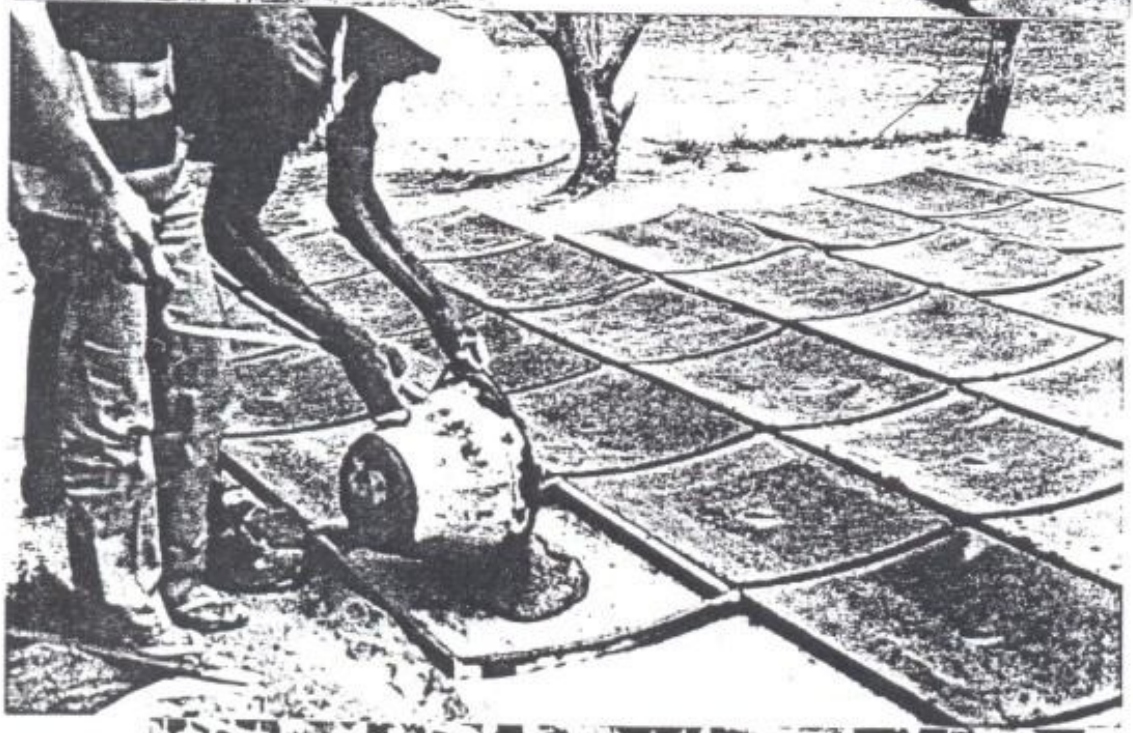
9/ Em Pintadas, construiu-se cisternas de 7, 10, 11, 15, 20, 25, e 30 metros cúbicos, cada uma caracterizada por uma profundidade e um raio, de acordo com a fórmula seguinte: $V = 3.1416 \times R^2 \times h$ onde 3.1416 = constante, R é o raio, h é a altura ou profundidade.

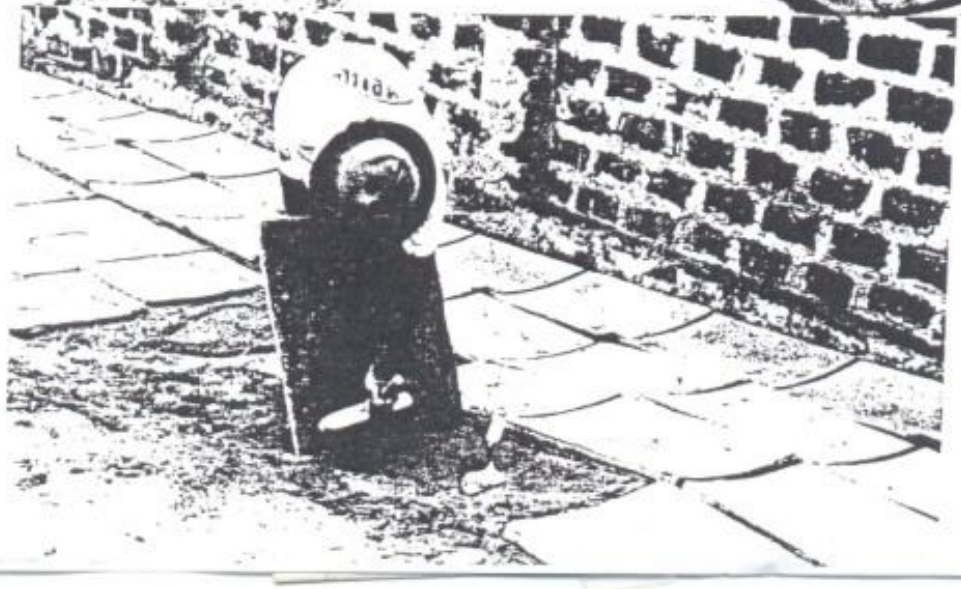
Cisterna de placas Pré-moldadas Coeficientes Técnicos para varios volumes

Volume en m3	nb .de sac de ciment	nb de bidon de sable 5gal	nb de litre d'eau	nb de biodon gravier	kg de fer a beton	kg de fil de fer	kg imper	nb jours maçon	nb jours aide maçon
1	2	15	200	2		2	1	2	
7	7	50	800	7	4,5	8	1	4	4
1	10	70	1100	7	4,5	10	1	5	5
7	11	76	1200	9	66	10	1	5	5
15	13	90	1500	9	7,5	12	1	6	6
20	16	114	1800	10	9	14	1	8	8
23	17	122	2000	12	9	15	1	8	8
25	21	160	2500	12		20	1	10	10

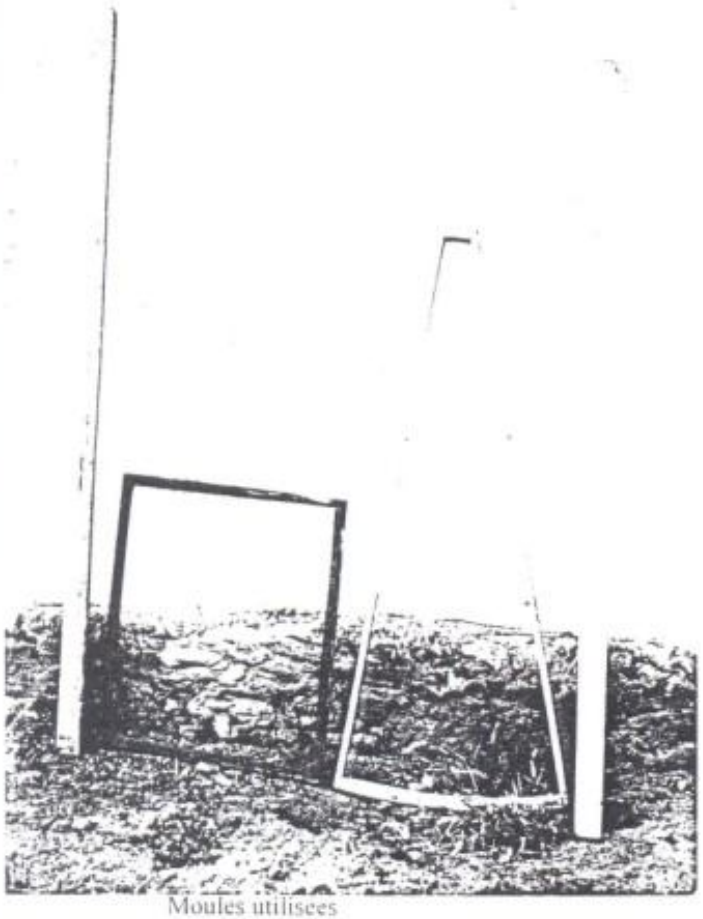


Fabrication des plaques du mur





Brossage / nettoyage des plaques

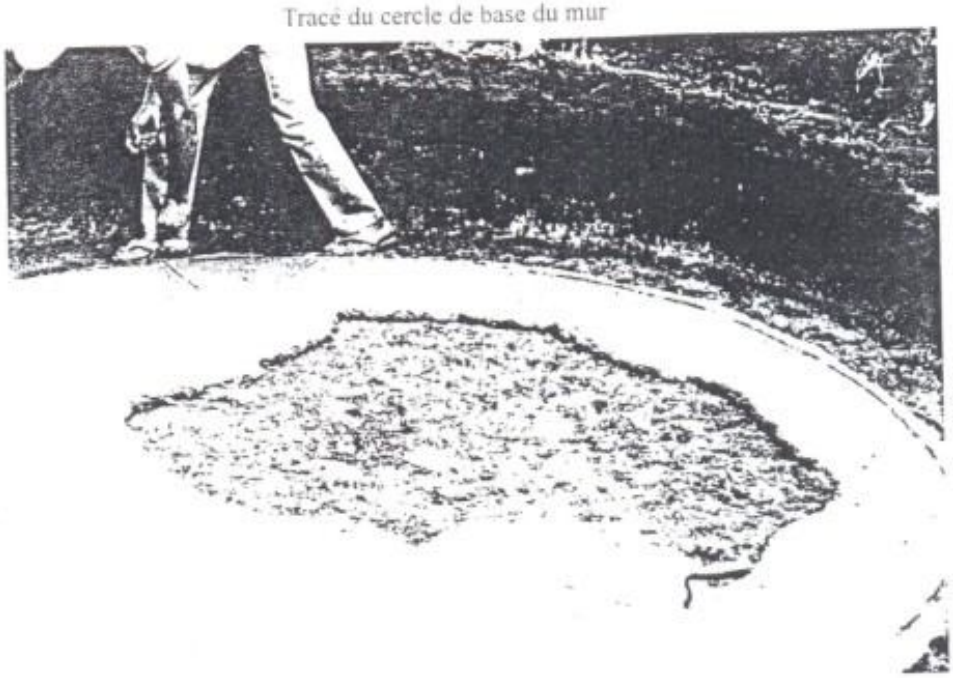


Moules utilisees

Fabrication des poutrelles

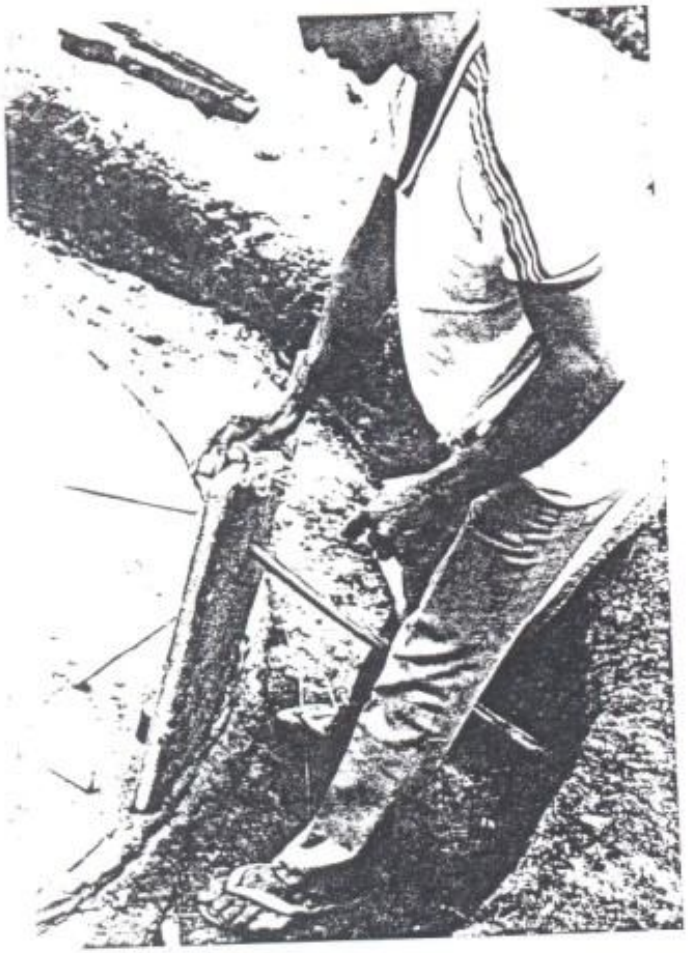
Fabrication des plaques du tait

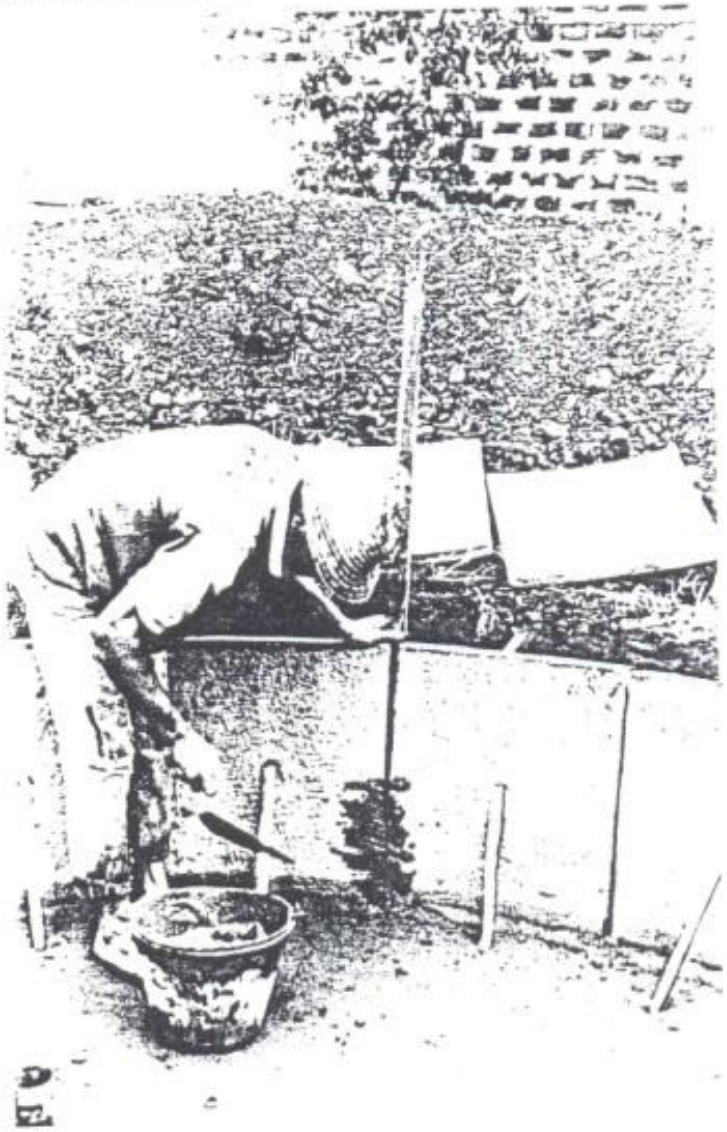
Tracé du cercle de base du mur



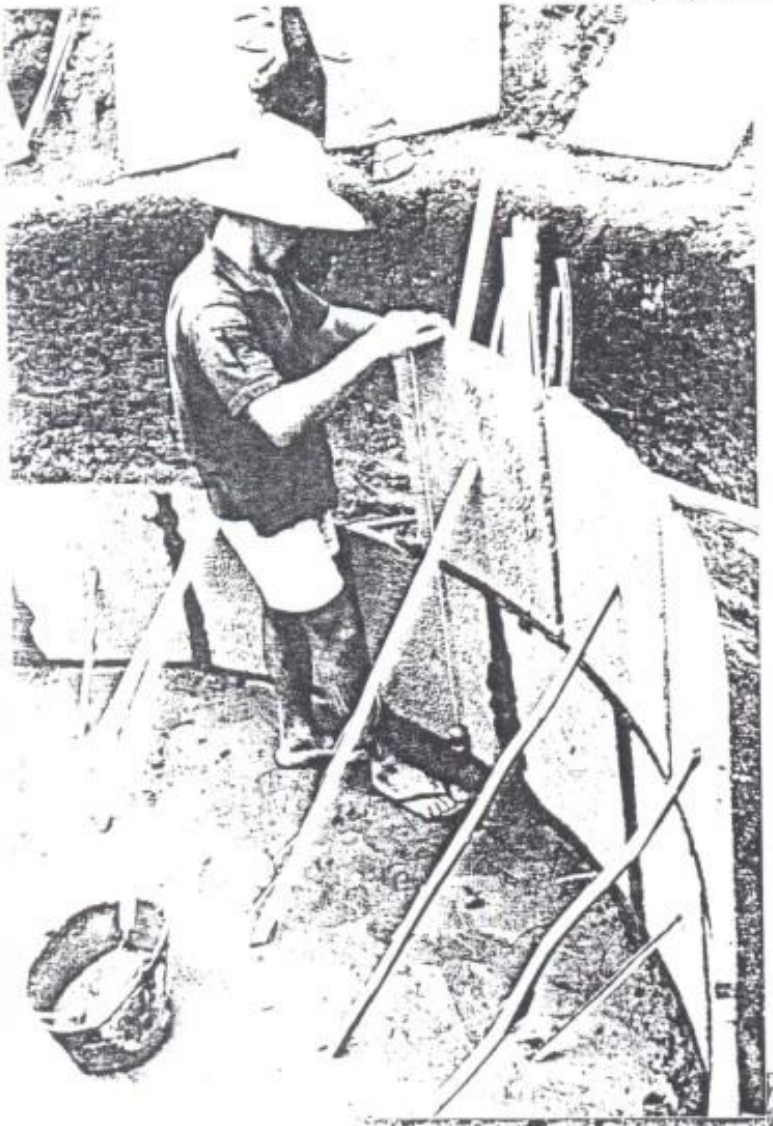
Finition de la dalle de fond

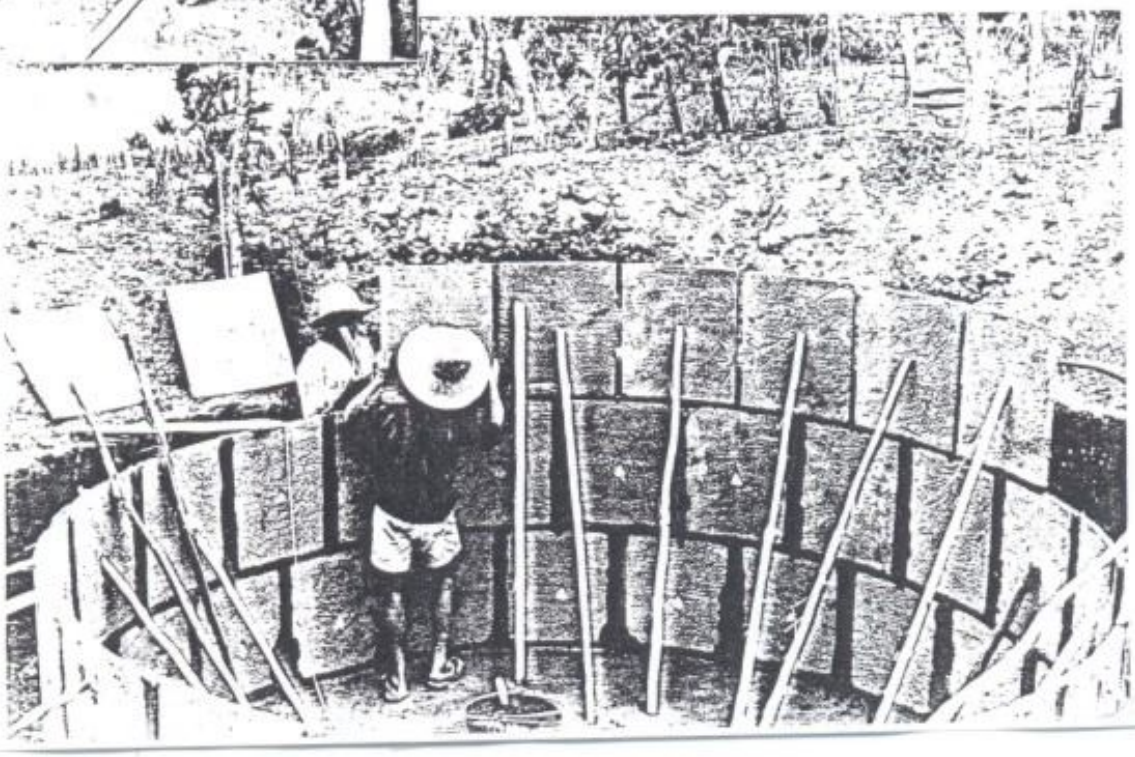
Pose et jointure entre les plaques du 1er rang



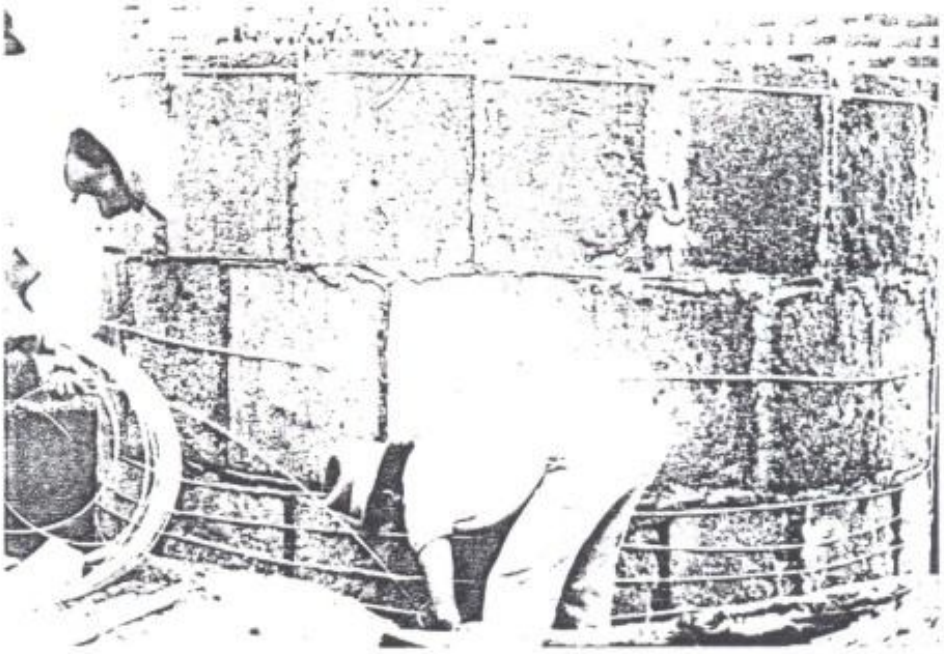


Pose des plaques du 2ème et 3ème rang



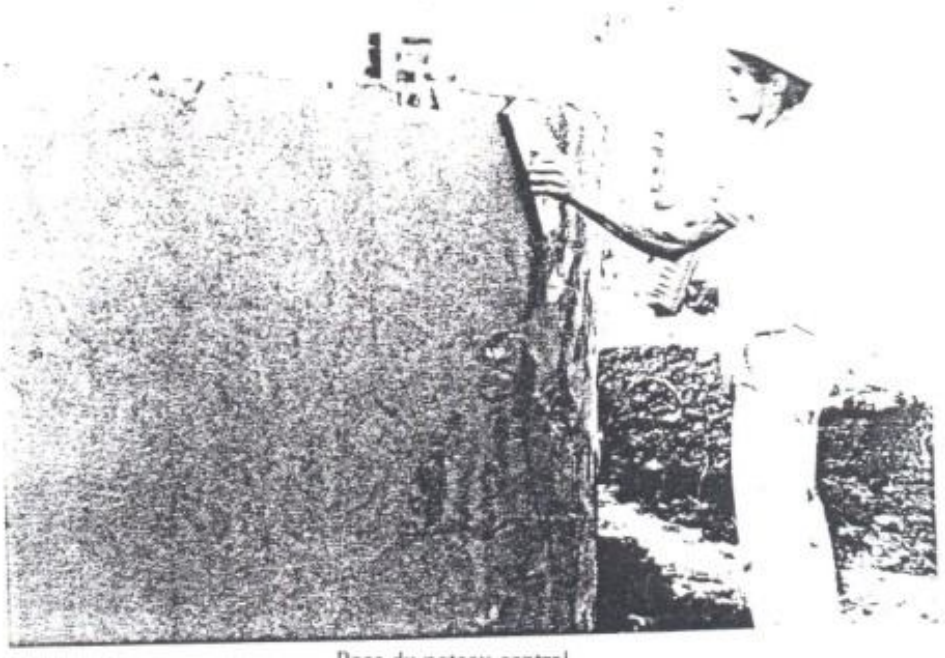


Cerclage de la citerne avec dufilde fer

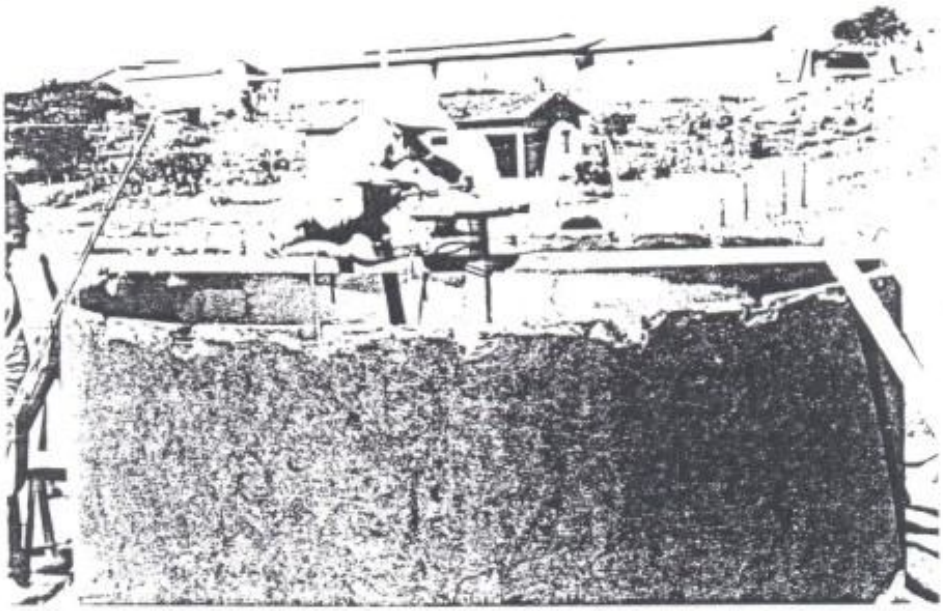


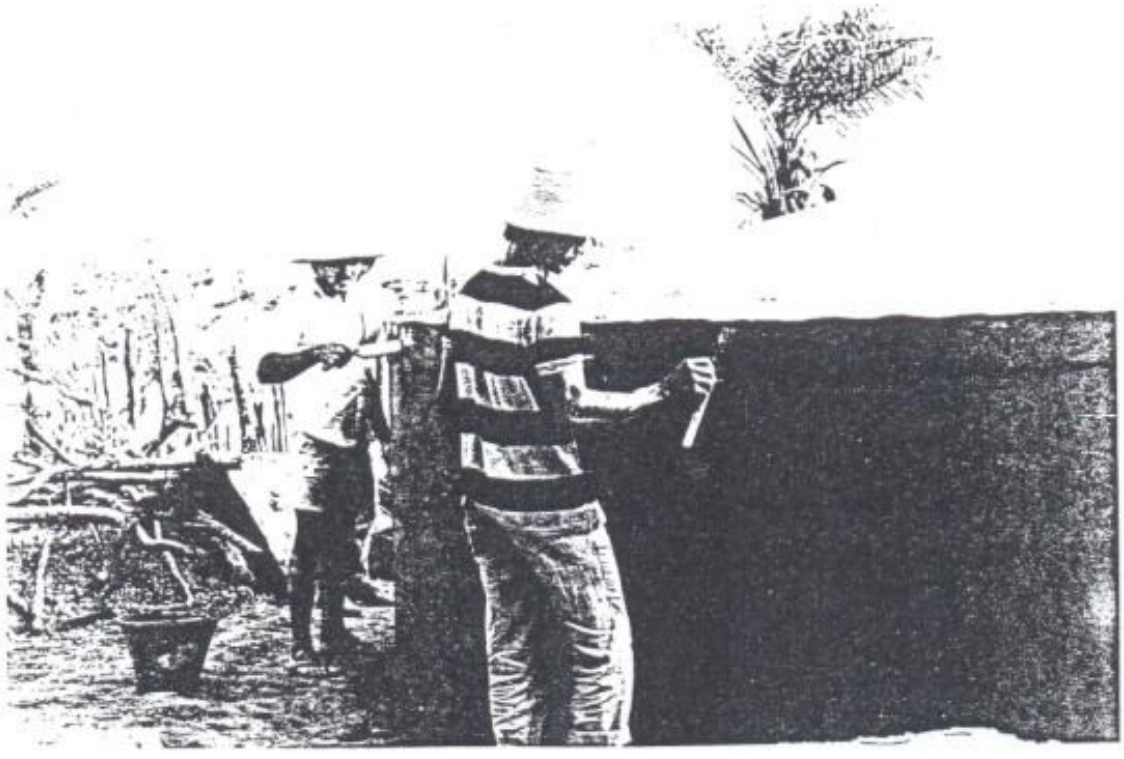
Crépi externe

Lissage du crépi



Pose du poteau central



Pose des plaques du toit

Crépi externe final