

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523
BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

Batch 70

1. SUBJECT
CLASSI-
FICATION

A. PRIMARY

Urban development and housing

LN00-0000-0000

B. SECONDARY

Shelter construction

2. TITLE AND SUBTITLE

Batir en terre

3. AUTHOR(S)

(100) Wolfskill, L.A.; Dunlap, W.A.; Gallaway, B.M. (101) Tex. A&M Univ. Transportation Inst.

4. DOCUMENT DATE

1962

5. NUMBER OF PAGES

160p.

6. ARC NUMBER

ARC

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

AID/AFR/RTAC; AID/TA/UD

8. SUPPLEMENTARY NOTES (Sponsoring Organization, Publishers, Availability)

(In Collection: techniques am., 88)

(In English, French, and Spanish. English, 159p.: PN-AAE-689; Spanish, 142p.: PN-AAE-691)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER

PN-AAE-690

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS

Earth construction

Handbooks

Houses

13. PROJECT NUMBER

14. CONTRACT NUMBER

AID/AFR/RTAC

15. TYPE OF DOCUMENT

Traduction d'un ouvrage en langue anglaise intitulé
HANDBOOK FOR BUILDING HOMES OF EARTH

par
Lyle A. WOLFSKILL
Wayne A. DUNLAP
et
Bob M. GALLAWAY

et publié par
Texas Transportation Institute
A Part of Texas A & M University
College Station, Texas
pour le compte de
Agency for International Development
Washington D.C.

sous la direction technique de
Office of International Housing
Housing & Home Finance Agency
Washington D.C.

La présente édition en langue française est publiée par le

REGIONAL TECHNICAL AIDS CENTER (RTAC)

dénommé

Centre Régional d'Éditions Techniques (CRET)
Paris - France

qui relève du

DEPARTMENT OF STATE
Agency for International Development
Washington, D.C.

Pour tous renseignements au sujet des publications CRET
s'adresser à la

Mission Américaine de l'A.I.D.
Ambassade des États-Unis d'Amérique
(Capitale du pays d'où émane la demande)

TECHNIQUES AMÉRICAINES - 88

Bâtir en terre

2^e Édition

CENTRE RÉGIONAL D'ÉDITIONS TECHNIQUES

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I	<i>Introduction — Types de maisons en terre...</i>	1
CHAPITRE II	<i>Les sols — Leurs utilisations</i>	8
CHAPITRE III	<i>La stabilisation des sols</i>	43
CHAPITRE IV	<i>Où construire</i>	52
CHAPITRE V	<i>Les fondations</i>	59
CHAPITRE VI	<i>Toitures légères</i>	72
CHAPITRE VII	<i>Préparation du sol</i>	74
CHAPITRE VIII	<i>Fabrication des briques d'adobe</i>	81
CHAPITRE IX	<i>Fabrication des parpaings de terre agglomérée.</i>	89
CHAPITRE X	<i>La construction des murs en blocs de terre</i>	99
CHAPITRE XI	<i>Construction des murs en terre damée</i>	114
CHAPITRE XII	<i>Les toits des maisons de terre</i>	130
CHAPITRE XIII	<i>Planchers</i>	135
CHAPITRE XIV	<i>Revêtements extérieurs</i>	138
ANNEXE A	145
ANNEXE B	151
GLOSSAIRE	153
BIBLIOGRAPHIE	157

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

L'une des premières habitations occupées par l'homme lorsqu'il est sorti de ses cavernes était probablement la maison en terre. Certes, les modèles les plus anciens de construction en terre que l'on connaisse nous paraissent primitifs dans l'optique de nos normes actuelles. L'homme préhistorique ne faisait guère autre chose que de coller de la boue sur des poteaux de bois liés les uns aux autres. Mais cela suffisait à lui donner la meilleure protection connue à l'époque, à l'exception des cavernes. Il avait en outre l'avantage de pouvoir se déplacer et donc de vivre là où il le désirait.

Peu à peu, il apprit que certaines sortes de boues permettaient de faire de meilleures maisons, et que certaines parmi les meilleures pouvaient durer pendant sa vie entière.

De nos jours, il existe de par le monde de nombreuses habitations en terre vieilles de plusieurs siècles. L'homme s'est aperçu que les maisons de terre les plus durables se trouvaient dans les régions peu pluvieuses. Un climat humide est le pire ennemi d'une maison en terre.

Aujourd'hui, grâce aux connaissances acquises sur la mécanique des sols, on peut prédire et modifier le comportement des sols dans diverses conditions. Il est possible de construire, de nos jours, sans compétences spéciales, de belles maisons économiques et durables à l'aide du plus ancien matériau de construction connu : la terre qui nous entoure.

Assez curieusement, ce sont les techniciens de la construction des routes qui ont acquis le plus de connaissances sur le comportement des sols dans des conditions variées. Ils savent, par exemple, comment se servir de sols qui, depuis des siècles, étaient considérés comme inutilisables, en les combinant avec des matériaux appelés stabilisants, pour préparer des mélanges qui sont excellents pour la construction en terre.

Comme les plus importantes découvertes, les connaissances nouvelles, dont une grande partie a été acquise depuis la dernière guerre, sont issues des recherches de laboratoire faites par des techniciens de haute compétence. Il reste maintenant à diffuser ces nouvelles techni-

ques parmi les gens qui en ont le plus besoin, et qui pourront en tirer parti : les nombreux habitants du monde qui ont besoin de bonnes et durables maisons, mais qui ne peuvent dépenser beaucoup d'argent pour les acheter, ou qui ne disposent pas des matériaux manufacturés modernes. La terre, elle, se trouve partout.

L'un des grands buts de l'Agency for International Development est d'aider à satisfaire ces besoins. Dans le cadre de son programme d'effort personnel, programme qui, dans l'esprit de l'AID, permet de sauvegarder d'une part l'efficacité, et d'autre part la fierté et la dignité de ceux qu'on aide, l'AID présente ce manuel au titre de l'assistance technique. Dans ce petit livre on essaye de décrire en termes simples les techniques les plus récentes mises au point en mécanique des sols, de façon que pratiquement n'importe qui, et n'importe où, puisse bénéficier du grand nombre de travaux effectués par les savants.

L'AID a autorisé et financé un programme d'études de la Texas A and M Research Foundation, à College Station, au Texas, destiné à :

1. Rassembler et étudier la documentation existant sur la construction de maisons de terre.
2. Faire de nouvelles recherches dans les domaines où les connaissances de ce que l'on pouvait faire avec la terre étaient insuffisantes.
3. Faire la synthèse de tous les renseignements et la présenter sous la forme la plus efficace pour le plus grand nombre.

On a recueilli des informations dans de nombreux pays et auprès de sources de toute sorte : livres, articles, rapports techniques, et même journaux. On a étudié plus de 300 documents. En outre, les spécialistes des sols de la Texas A and M University ont travaillé dans leurs laboratoires, fait des essais sur les matériaux dont ils disposaient, et ajouté leurs résultats aux connaissances acquises.

Le présent manuel s'efforce de présenter ces renseignements sous la forme la plus simple possible. Comme beaucoup de facteurs varient, même à l'intérieur d'un pays donné, il est impossible de donner tous les détails correspondant à tel ou tel cas particulier, car ce livre s'adresse à tout le monde.

Il est très difficile d'indiquer ne serait-ce que la façon de construire une maison tant il existe de par le monde de climats et de sols différents. C'est ainsi que dans les limites du seul Texas, les meilleures solutions ne sont pas du tout les mêmes dans les régions Est et Ouest de l'Etat. Ce qui conviendrait dans des parties de la vallée du Rio Grande et de la Côte du Golfe du Texas au Sud, serait moins recommandable dans le Panhandle, au Nord.

C'est pourquoi le présent manuel décrit dans les grandes lignes les types de sols que l'on trouve dans diverses parties du globe, et ce que l'on peut en attendre. Ensuite il indique la meilleure façon de s'en servir, seuls ou en mélange avec d'autres, pour qu'ils puissent être convenablement utilisés, ainsi que la façon de les améliorer à l'aide de stabilisants. Puis on explique laquelle des trois méthodes générales de construction en terre est la mieux adaptée au matériau disponible. Il

décrit également des essais simples que tout le monde peut exécuter, et qui permettent au bâtisseur d'évaluer la valeur de ce qu'il fait.

Après les chapitres sur le choix de l'emplacement à bâtir, la réalisation de bonnes fondations pour les différents types de maisons, et la construction du toit, le manuel contient des chapitres distincts sur les constructions en adobe, en terre damée, et en parpaings comprimés.

Comme les conditions et les matériaux disponibles varient beaucoup selon les endroits, le constructeur voudra souvent se fier à son propre jugement. Aussi est-il important, pour tirer le meilleur parti de ce manuel, qu'il lise avec soin les premiers chapitres au moins avant de décider de la meilleure façon de résoudre son problème.

Comme dans toute profession, le bon ouvrier doit « sentir » son travail avant de se lancer trop loin dans l'entreprise.

Le présent manuel, nous l'espérons, lui permettra de le « sentir ».

Types de maisons en terre

Le constructeur peut choisir entre trois modes principaux de construction en terre, qui utilisent respectivement :

1. L'adobe ;
2. La terre damée ;
3. Les blocs agglomérés (ou faits à la machine).

Il existe encore deux méthodes : utiliser des boules de terre ; et clayonner puis coller une couche de terre. Mais elles ne donnent pas normalement les meilleurs résultats.

BRIQUES EN ADOBE. — Le mode de construction utilisant des briques d'adobe pour monter les murs est sans doute la plus connue des vieilles techniques. Les briques sont fabriquées en plaçant une boue



1. *Maison d'habitation, construite par Léon Watson et associés, à Albuquerque, Nouveau Mexique. C'est un exemple de la qualité et de la beauté naturelle des constructions en adobe du Sud-Ouest des Etats-Unis.*

humide dans des boîtes appelées « moules ». Ces moules sont retirés peu après que les briques soient faites, et on laisse ces dernières vieillir (ou sécher) pendant environ un mois avant de les utiliser à la construction de murs. Les briques sont scellées les unes aux autres dans le mur par un « mortier » qui peut être constitué de même boue que celle qui a servi à faire les briques.

Le principal avantage de l'adobe sur les autres méthodes est sa simplicité qui permet d'obtenir des logements convenables avec le minimum d'habileté. Si on travaille bien on aura des murs solides relativement exempts de fissures. D'autre part, on peut fabriquer les briques à ses moments perdus, et les mettre en réserve jusqu'à ce qu'on soit prêt à les utiliser.

L'adobe présente divers inconvénients. Les briques ont habituellement un aspect assez grossier, et s'ébrèchent facilement. Normalement l'adobe ne convient pas sous les climats où la hauteur des chutes de pluies dépasse 600 à 700 mm par an.

Les murs en briques d'adobe sont ordinairement aussi élégants, voire plus, que ceux en terre damée, mais, dans les deux cas, il est nécessaire de procéder à un surfacage pour obtenir un bon aspect. L'élégante maison de la figure 1 est en adobe recouvert de stucco.

TERRE DAMÉE *. — Dans cette méthode, on construit des murs continus en damant la terre humide maintenue dans un solide coffrage en bois. Lorsqu'on a terminé une courte section du mur on déplace les banches vers le haut ou le côté, et on recommence l'opération jusqu'à ce que le mur soit terminé. Le damage peut se faire à bras ou à l'aide

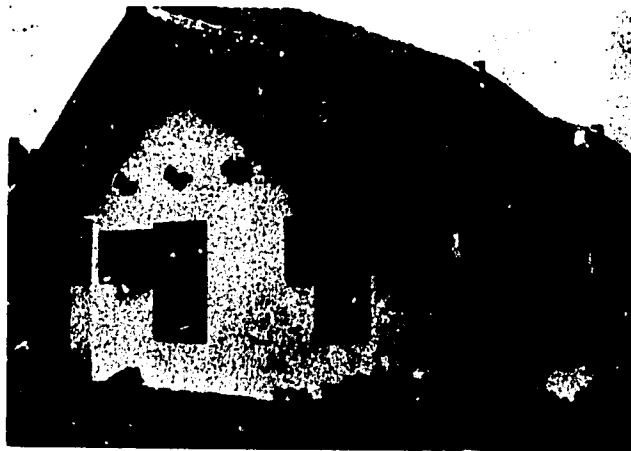


FIG. 2

* Le terme technique français pour terre damée est pisé. Cependant le pisé contient généralement de la paille, ce qui n'est pas le cas ici. Pour éviter toute confusion nous avons adopté l'expression plus générale de terre damée.

d'une dame pneumatique mais, dans les deux cas, il faut pilonner le sol jusqu'à ce qu'il soit compact et très ferme. Les dames pneumatiques exigent plus d'habileté que les dames à main pour obtenir un bon résultat.

Un mur en terre damée bien fait est l'un des murs en terre les plus durables que l'on puisse faire. Certains ont duré des siècles. On peut utiliser de la main-d'œuvre non spécialisée pour le damage.

La terre damée présente les inconvénients suivants :

1. Il n'est pas facile de travailler correctement ;
2. La fabrication des lourdes banches de bois exige du temps, de l'argent, et une certaine habileté.

C'est pour la construction en terre damée que le choix du matériau doit être fait avec le plus grand soin, sous peine de voir le séchage provoquer du retrait et des fissures.

On doit surveiller attentivement la quantité d'eau contenue dans la terre pour que le damage soit bon.

Si l'on procède avec soin, le mur terminé peut avoir bon aspect tel quel, sans revêtement. Mais habituellement on fait un enduit de stucco, ou on peint le mur, pour lui donner un fini agréable. L'adhérence du stucco ou de la peinture au mur peut être difficile à obtenir si on ne prépare pas spécialement la surface.

La figure 2 donne un exemple de maison en terre damée.

BLOCS AGGLOMÉRÉS OU FAITS À LA MACHINE. — On a récemment construit plusieurs machines simples et peu coûteuses destinées à comprimer le sol pour en faire des briques ou des parpaings. Les blocs de terre ont plusieurs avantages. Ils sont sensiblement aussi résistants et durables que la terre damée. Les blocs qui contiennent comme additif un stabilisant (produit chimique) sont presque aussi bons que la brique cuite, le bois de charpente, et d'autres matériaux de construction.



3. Les murs de cette maison sont en parpaings faits à la machine.

D'autre part, on peut fabriquer les murs aussi facilement qu'avec des briques d'adobe. Comme on laisse s'effectuer le séchage et le retrait des parpaings avant de monter les murs, de façon que ceux-ci soient pratiquement sans fissures, on peut utiliser pour ces blocs des sols qui présentent un peu de retrait.

Les murs en blocs agglomérés ont très bel aspect (fig. 3) et il est normalement inutile de revêtir leur surface, pour autant que l'on a utilisé une terre convenable. Il y a lieu de noter cependant que le déplacement et le mélange de la terre, et le transport des parpaings finis demande un grand effort physique.

Les deux méthodes suivantes ne sont pas recommandées pour des maisons que l'on souhaite durables.

CLAYONNAGE ET COLLAGE. — Dans cette méthode, on construit tout d'abord une cloison de poteaux ou pieux. Puis l'on entrelace des branches, joncs, etc., entre les poteaux afin de préparer un support pour la boue que l'on colle des deux côtés de la cloison. On peut également édifier une double rangée de poteaux et de joncs, et remplir de boue l'intervalle entre les deux rangées. La figure 4 montre une maison ainsi construite.

Il se produit souvent des fissures de retrait dans les murs de ce type, et un entretien permanent est nécessaire. Pour les gens malades ou âgés cette méthode n'est pas bonne, car les maisons que l'on obtient peuvent nécessiter des réparations auxquelles il leur est difficile de faire face. Dans de nombreux cas c'est un inconvénient par rapport aux méthodes indiquées précédemment.

Cette méthode n'est pas très pratique dans les régions où l'on ne dispose pas d'espèces de bois durables.

BOULES DE TERRE. — Dans cette méthode on fait avec une boue ferme des boules un peu plus grosses que la tête. On empile ces boules en couches épaisses de façon à monter directement le mur sans coffrage. La boue doit être assez ferme, de façon à ne pas s'effondrer. Si



4. La moitié droite de la façade de cette maison en Grèce montre le clayonnage en place. Le collage sera effectué par la suite.

un certain enfoncement ou étalement se produit, il faut remettre la boue en place à la truelle, ou découper l'excès de terre et le mettre sur le dessus. On doit monter le mur lentement, afin que chaque couche ait la possibilité de durcir avant qu'on ne rajoute de la boue par-dessus. Habituellement les ouvriers se tiennent debout ou assis à califourchon sur le mur de façon à éviter les échafaudages.

Les seuls avantages de ce type de construction sont qu'elle se réalise facilement et ne nécessite que très peu de matériel. Cependant on peut généralement s'attendre à l'apparition de fissures de retrait, et celles-ci peuvent être graves.

CHAPITRE II

LES SOLS — LEURS UTILISATIONS

Tous les sols ne peuvent pas être utilisés avec succès pour la construction en terre. Quelques-uns sont bons sous presque tous les climats, d'autres sous les climats secs seulement. Beaucoup sont meilleurs en mélange avec des « stabilisants » qui augmentent leur cohésion ou leur résistance à l'eau. Nous allons examiner dans ce chapitre les différentes sortes de sols, la façon de les distinguer, et la recherche des utilisations possible.

Types de sols

En gros on distingue cinq types de sols : les graviers, les sables, les limons, les argiles, et les sols organiques.

Le **gravier** se compose de fragments grossiers de roches, d'une taille allant de 6 à 75 mm (les fragments plus gros sont appelés blocs), de forme variée : ronde, plate, ou anguleuse, et de nature diverse : granit, calcaire, marbre, etc. Si les fragments se désagrègent ou même se ramollissent après un séjour de 24 heures dans l'eau, le sol n'est pas du gravier.

Le gravier se trouve dans les lits des cours d'eau rapides, dans les endroits anciennement recouverts par des glaciers, et autour des montagnes.

Le **sable** est formé de petits grains de roches variées, surtout du quartz. La taille des grains varie de 6 mm au plus petit grain perceptible à l'œil nu. En-dessous de cette taille on a du limon ou de l'argile.

On trouve du sable dans le lit de la plupart des cours d'eau pas trop lents, sur les plages, dans les déserts, et dans les endroits anciennement recouverts de glaciers.

Le **limon** est de la roche broyée assez finement pour que l'on ne puisse distinguer les grains à l'œil nu. Il tend à s'agglomérer lorsqu'il

est humide et comprimé. Trop d'eau le rend spongieux, mais il n'est jamais très collant.

On trouve le limon presque partout : dans les alluvions des cours d'eau lents, dans les cours d'eau « laiteux » qui descendent des glaciers ou des montagnes, et là où la poussière soulevée par le vent se dépose.

L'argile est un matériau naturel du sol, qui est collant quand il est humide mais dur quand il est sec. Les grains individuels sont trop petits pour être visibles à l'œil nu. Il existe différentes sortes d'argiles : certaines présentent beaucoup de retrait au séchage et de gonflement au mouillage, d'autres non.

On trouve les argiles dans les vallées parcourues par des cours d'eau lents, dans les plaines côtières, et dans les dépôts en éventail situés au bas des montagnes.

Le sol organique a un aspect spongieux ou fibreux. La matière organique peut être constituée par un végétal fibreux entièrement ou partiellement décomposé, comme dans la tourbe. Les sols organiques sont très spongieux quand ils sont humides, et ont l'odeur du bois humide pourrissant. Celui que l'on trouve le plus souvent contient beaucoup d'eau. Il est foncé, d'une couleur allant du brun au noir.

On trouve généralement des sols organiques aux endroits où l'eau a stagné pendant de longues périodes, par exemple dans les marécages. La couche superficielle foncée que l'on trouve souvent doit sa couleur à la matière organique.

On trouve rarement les cinq types de sols isolément mais plutôt des mélanges, tels que sable et limon, limon et argile, etc. En combinant les noms des différents types de sol on peut décrire la plupart des propriétés du mélange correspondant. C'est ainsi qu'un sol à base de sable contenant un peu de limon sera dit « sable limoneux ». S'il contient surtout du limon avec un peu de sable on l'appellera « limon sableux ». Les cas fréquents sont : l'argile sableuse, le gravier argileux, l'argile limoneuse, le gravier sableux, etc.

Le meilleur sol pour la construction en terre

C'est de la nature du sol disponible et du climat que dépend le type de maison à construire, voire la décision de la construire en terre.

Les **graviers** ne sont pas, par eux-mêmes, très bons pour la construction en terre, car les particules ne peuvent être ni comprimées, ni agglomérées. On peut utiliser les sols contenant du gravier si la taille des grains n'est pas trop grosse, et s'il y a quelque chose pour les coller entre eux, comme un peu d'argile. Les graviers argileux sont souvent bons.

Les **sables** sont à peu près dans le même cas que les graviers. Comme ils n'ont pas de cohésion par eux-mêmes, il faut leur ajouter autre chose, de l'argile par exemple. En fait certains sables argileux et

argiles sableuses donnent les meilleures maisons de terre. A défaut de bonne argile à mélanger au sable, le ciment portland est un excellent stabilisant.

Les **limons** ne conviennent pas à eux seuls pour construire les murs des maisons en terre. Bien qu'ils aient une certaine cohésion, leur résistance est faible. Il est difficile de les compacter, et on ne doit pas les utiliser à faire des murs en terre damée ou en blocs comprimés. De plus leur résistance diminue et ils ramollissent quand ils sont humides. Le limon humide, en cas de gel, foisonne et perd toute tenue mécanique.

Les sols limoneux peuvent donner un très bon matériau quand on les stabilise. Le ciment portland est bon pour les limons sableux, et la chaux convient aux limons argileux. Une émulsion d'asphalte ou un produit chimique hydrofuge sont également efficaces.

Les **argiles** se tassent bien si elles contiennent une proportion d'eau convenable. Par temps sec, cependant, elles se contractent et se fissurent, et par temps humide elles absorbent l'eau d'où gonflement et perte de résistance. Elles seraient très bonnes sous les climats très secs, car elles sont très solides lorsqu'elles restent sèches ; mais, généralement, on n'en trouve pas sous ces climats.

Certaines argiles telles que les argiles rouges contenant du fer et de l'aluminium que l'on trouve sous les tropiques (on les appelle aussi latérites) sont des argiles très stables. Il est courant dans ces régions de découper des blocs dans le sol et de les empiler pour monter les murs de terre. L'expérience d'un de vos voisins vous indiquera si cette méthode est applicable dans votre région.

Beaucoup d'autres argiles peuvent être utilisées si on les stabilise. L'un des meilleurs stabilisants pour l'argile est la chaux. Il y a certaines argiles que l'on ne doit jamais utiliser pour la construction, car elles ne durent pas.

On ne peut pas utiliser des sols organiques pour faire un bon mur de terre. D'une part il est trop spongieux, d'autre part son contenu végétal continuera à se décomposer, aussi il ne tiendra pas longtemps. Une bonne règle est la suivante : si l'on peut faire pousser quelque chose sur le sol, c'est qu'il ne vaut rien pour la construction.

On se rappellera que les sols naturels les meilleurs pour la construction de murs de terre sont les sables argileux et les argiles sableuses. Si vous en disposez vous avez le meilleur matériau naturel possible. Sans rien ajouter d'autre que de l'eau, on peut avec certains sables argileux et argiles sablonneuses construire des murs qui dureront une vie entière, et même plus.

Si l'on ne dispose pas d'un tel matériau, il arrive que l'on puisse le préparer. Si vous avez surtout du sable, peut-être trouverez-vous un peu d'argile à y mélanger, ou, si vous avez de l'argile, peut-être trouverez-vous du sable.

OU CHERCHER. -- On se trouve souvent dans la situation suivante : sous la couche de sol organique, on trouve une couche de sable, et en-dessous de celle-ci une couche d'argile. En mélangeant ces

deux derniers on peut obtenir une bonne argile sableuse. Se rappeler aussi qu'au sommet des collines arrondies (pas des montagnes) ou sur les lignes de crête on trouve souvent de l'argile, tandis que le sable se trouve plus souvent en bas. Peut-être y a-t-il un mélange correct des deux quelque part au milieu.

Si vous avez la chance d'avoir (ou de pouvoir faire) un bon mélange d'argile sableuse, vous serez bien avisés de construire votre maison en blocs comprimés : les murs dureront aussi longtemps que ceux construits par n'importe quelle autre méthode, et la construction peut être plus facile. Néanmoins, avec un bon approvisionnement en argile sableuse on peut également faire des maisons très satisfaisantes en adobe ou en terre damée.

Si l'on ne peut trouver qu'un matériau très argileux, il est sans doute préférable de construire en adobe. L'argile se contracte au séchage mais, si l'on fait sécher les briques au soleil avant de monter les murs, le retrait ne provoquera pas trop d'ennuis. Vient ensuite, par ordre de préférence, la construction en blocs compactés, car on les fait également sécher avant de les utiliser. La terre damée sèche après le damage du mur, et le retrait causé par l'excès d'argile provoque des fissures dans le mur.

Si le matériau contient trop d'argile, et si on ne dispose pas d'assez de sable, la seule chose à faire est d'ajouter un stabilisant.

Si le sol est très sableux, avec seulement un peu d'argile, on ne pourra rien en tirer pour la construction si on n'ajoute pas un stabilisant. C'est sans doute en utilisant des blocs comprimés que l'on en consommera le moins. Après vient la terre damée.

Les constructions pour lesquelles il est sans doute le plus difficile de choisir le matériau sont celles en terre damée. Si le sol contient trop d'argile, les murs en terre damée vont se contracter et se fissurer au séchage. S'il y a trop de sable, le mur ne supportera peut-être pas, pendant la construction, les chocs du damage qui risque de le désagréger. Un sol qui convient pour la terre damée, convient également pour les blocs comprimés ou l'adobe. Dans ce cas on peut choisir la méthode de construction que l'on préfère, compte tenu de sa simplicité de mise en œuvre, et du fini qu'elle donne à la maison.

Quel que soit le sol que l'on ait, il faut garder présent à l'esprit que plus le climat est sec tout au long de l'année, plus la maison obtenue sera satisfaisante, et plus il sera facile de bien la construire.

Dans les régions soumises à de grandes variations annuelles de climat, comme un temps chaud suivi de gel, ce qui se produit dans une grande partie de la zone tempérée, ou dans les zones où il a des saisons sèches et humides prononcées, telle la zone tropicale, on ne pourra utiliser sans stabilisant que les meilleurs sols.

Ceci ne veut cependant pas dire que l'on ne puisse pas construire de bonnes maisons en terre sous les climats humides ou présentant de grandes différences de température, mais simplement que, dans ce cas, il faut choisir avec plus d'attention les matériaux bruts, et songer davantage à l'utilisation de stabilisants et de revêtements de surface.

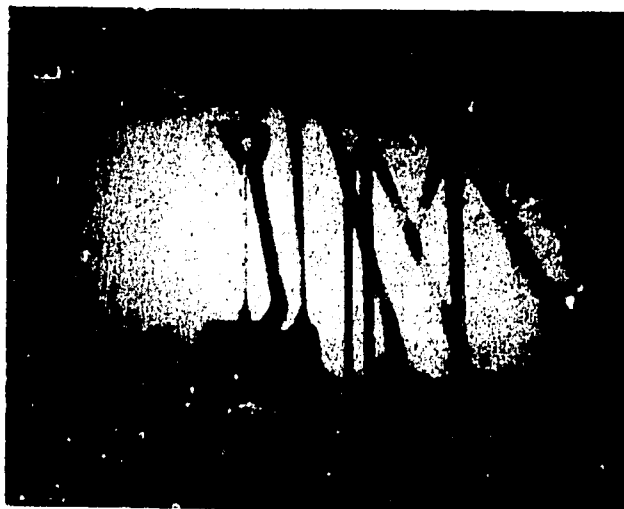
ÉTUDE DU SOL. — C'est une des tâches les plus importantes. Si l'on se trompe à cet égard, on aura des ennuis plus tard. Par exemple, si l'on croit avoir une bonne source d'argile sableuse et que l'on s'aperçoit plus tard qu'il s'agit surtout de sable, on devra dépenser un surcroît d'argent pour acheter des stabilisants qui n'étaient pas prévus.

Vous souhaitez probablement que votre point d'approvisionnement soit aussi proche que possible de votre maison.

La première chose à faire est de recueillir des échantillons des sols du voisinage. Voici le matériel utile (fig. 5) :

1. Une tarière à terre est idéale pour creuser les trous. On peut également très bien utiliser un outil à creuser les trous pour les poteaux, surtout si l'on ne veut pas creuser très profond.
2. Tubes rallonges pour la tarière. Ils ne sont nécessaires que si l'on veut sonder le sol à plus de 1,20 à 1,50 m de profondeur.
3. Deux clés à molette, pour fixer les rallonges de la tarière.
4. Pelles. Si l'on n'a pas de tarière, on peut utiliser une pelle ordinaire.
5. Pioches ou pics.
6. Une provision de petits sacs (en tissus si possible), pouvant contenir de 5 à 10 kg de terre.
7. Une pelote de ficelle.
8. Un double mètre.
9. Du papier et des crayons.
10. Un ou plusieurs grands morceaux de grosse toile (environ 2×2 m) pour les échantillons.

La profondeur à laquelle on va sonder le sol dépend beaucoup de la façon dont on compte extraire plus tard la terre de construction. Si



5. *Outillage pour la recherche et l'échantillonnage des sols.*

on pense faire l'extraction à la main, on préférera ne pas creuser à plus de 1 à 1,50 m. Si l'opération se fait mécaniquement, on sondera le sol jusqu'à la profondeur que peut atteindre la machine, peut-être 2,5 à 3 m.

Tout d'abord, enlever toute la couverture de sol organique. Dans les zones désertiques celle-ci est mince ou inexistante. Dans les régions tropicales humides, son épaisseur peut être de l'ordre du mètre. Lorsque cette couche superficielle est traversée, on commence à prélever la terre. Il se peut que le sol change à plusieurs reprises, même à faible profondeur. C'est pourquoi on séparera les différents types de sols en faisant pour chacun un tas distinct.

Habituellement, mais pas toujours, un changement de couleur indique un changement dans la nature du sol. La meilleure façon de savoir si cette dernière a varié est d'utiliser les essais simplifiés que nous décrivons dans le paragraphe suivant. Ces essais ne nécessitent aucun équipement et peuvent être exécutés pendant que l'on creuse.

Voici un cas typique. Sous la couverture superficielle on tombe dans une couche de sable. Conserver tout ce sable et en faire un seul tas. Puis l'on arrive à une couche d'argile. Faire un autre tas avec toute cette argile et ainsi de suite. Une fois terminé, on peut avoir plusieurs tas de sols différents. La figure 6 montre la façon de procéder.

Pendant que l'on creuse, notez l'épaisseur de chaque couche, la couleur et la nature du sol, ainsi qu'une description précise de l'emplacement du trou.

Les sols peuvent grandement varier, même sur une petite surface.

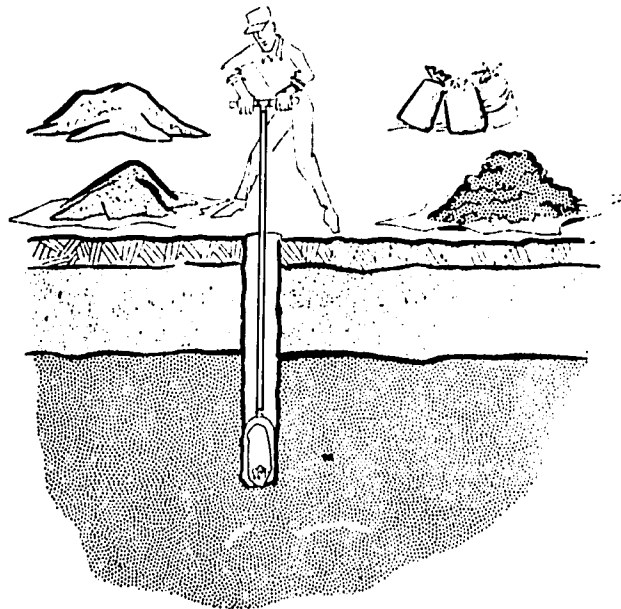


FIG. 6

C'est pourquoi il ne faut pas se contenter de ce que l'on a trouvé dans un unique trou, mais il faut creuser plusieurs trous sur toute l'étendue de la surface nécessaire pour obtenir la quantité de terre exigée. S'ils donnent tous les mêmes types de sol, on rassemblera les sols de même nature en un seul tas, un tas de sable et un tas d'argile par exemple. Après quelques essais rapides, on peut éventuellement décider qu'un mélange des sols trouvés convient. Comme on a conservé toute la terre extraite, il se peut que l'on obtienne le mélange correct simplement en mélangeant en un seul le tas de sable et le tas d'argile. Mais au début, il faut séparer les différentes sortes de sols de façon à être sûr de ce que l'on a trouvé.

Dès qu'on est satisfait de l'examen du secteur intéressant, mettre chaque type de sol dans un sac. Etiqueter chaque sac en indiquant le ou les trous, ainsi que leur profondeur, dont provient la terre. On utilisera ces échantillons pour les essais destinés à préciser la nature du sol et la méthode de construction à utiliser.

Comment identifier les sols

Voici quelques essais simples qui permettent de savoir à quel sol on a affaire. On devra les faire tous, sur tous les échantillons. Vérifier que les échantillons examinés représentent fidèlement les sols que l'on utilisera pour la construction.

Pour l'examen des sables ou graviers, faire tout d'abord sécher l'échantillon par chauffage ou étalement au soleil. En faire un tas conique que l'on divisera soigneusement en quatre parties égales comme indiqué



FIG. 7

à la figure 7. Mélanger deux secteurs opposés et laisser les deux autres de côté. Ceci doit donner environ une pelletée de gravier. S'il y en a trop après cette opération, on recommencera la division et le rejet jusqu'à ce qu'il reste un échantillon de la bonne taille.

EXAMEN A L'ŒIL. — L'aspect d'un sol donne d'importants renseignements à son sujet. Etaler tout d'abord le sol sec en couche mince sur une surface plate. Puis séparer grossièrement le sable et le gravier à la main.

Ceci se fait en triant les grains, en commençant par les plus gros et jusqu'aux plus petits que l'on voit à l'œil nu. Cela donne le sable plus le gravier. Ce qui reste (en poudre très fine normalement) est le limon et l'argile. Si le tas de limon et d'argile est plus gros que celui de sable et de gravier, on appellera pour le moment le sol « limon-argileux », et on se le rappellera. Des essais que nous verrons plus loin nous diront ce qu'il en est exactement.

Si le sable et le gravier forment le tas le plus gros, on a affaire à un sable ou un gravier. On décidera entre les deux en faisant un tas avec tous les grains de plus de 6 mm (gravier), et un tas du reste (sable). Le sol est à base de gravier si le premier tas est le plus gros, à base de sable dans le second cas. **Se rappeler le résultat.**

Voici ce qu'il faut faire dans le cas d'un sol à base de sable et de gravier :

Prendre une petite poignée de l'échantillon complet (et non du sable ou du gravier seulement), l'humidifier sans le détremper, et en faire une boule que l'on laissera sécher au soleil. Si cette boule s'effondre en séchant, on dira que le sol est « propre ». Le sable et le gravier propres ne conviennent pas pour la construction, sauf si on les mélange à d'autres matériaux.

Voici ce qu'il faut faire en présence d'un sol soit « limon-argileux », soit de gravier ou de sable qui n'est pas « propre » :

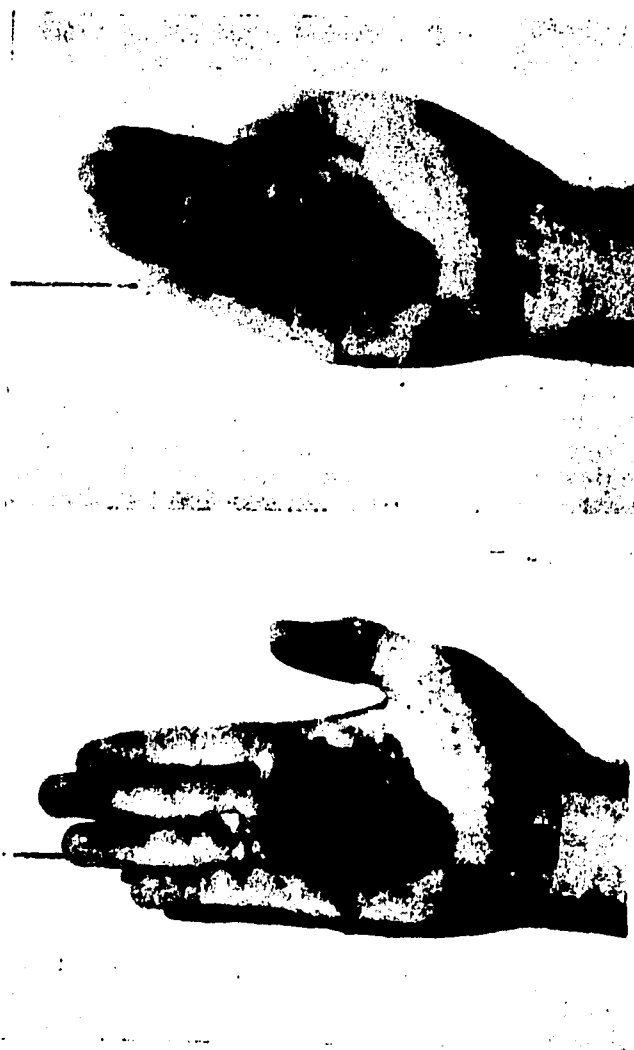
Prendre **tout** l'échantillon, et séparer la fraction plus fine que le sable moyen (0.4 mm) par tamisage à travers un tamis fin ou un morceau de grosse toile. On effectuera les essais ci-dessous sur cette fraction fine.

ESSAIS AUX SECOUSSSES DU MATÉRIAU HUMIDE. — Prendre assez de terre pour faire une boule de la taille d'un petit œuf de poule, et la mouiller à l'eau avec une quantité telle que la boule tienne ensemble mais ne colle pas aux doigts. Aplatir légèrement la boule dans le creux de la paume, et la secouer énergiquement en frappant de la main sur quelque chose de solide ou sur l'autre main, jusqu'à ce que les secousses fassent sortir l'eau à la surface de l'échantillon. L'aspect de la terre à ce moment peut être lisse, brillant, ou gras (ce que l'on cherche est la rapidité à laquelle l'eau vient à la surface pour donner l'aspect gras). Puis presser la terre entre le pouce et l'index pour voir si l'eau disparaît ou non. On utilisera les qualificatifs suivants pour définir la vitesse de la réaction indiquée ci-dessus (voir figure 8).

1. Rapide. — Lorsqu'il suffit de 5 à 10 coups pour faire venir

l'eau à la surface, il s'agit d'une réaction rapide. En pressant l'échantillon on fait immédiatement disparaître l'eau, et la surface devient mate. Si l'on ouvre rapidement la main, on obtient le même résultat. Si l'on presse davantage, l'échantillon se craquèle puis s'effrite. Cette réaction est caractéristique des sables très fins et limons grossiers. Il suffit d'un peu d'argile pour que la réaction ne soit plus de ce type.

2. Lente ou paresseuse. — S'il faut entre 20 et 30 coups pour que l'eau monte à la surface, c'est une réaction lente. En pressant ensuite



8^a. Réaction rapide à l'essai aux secousses.

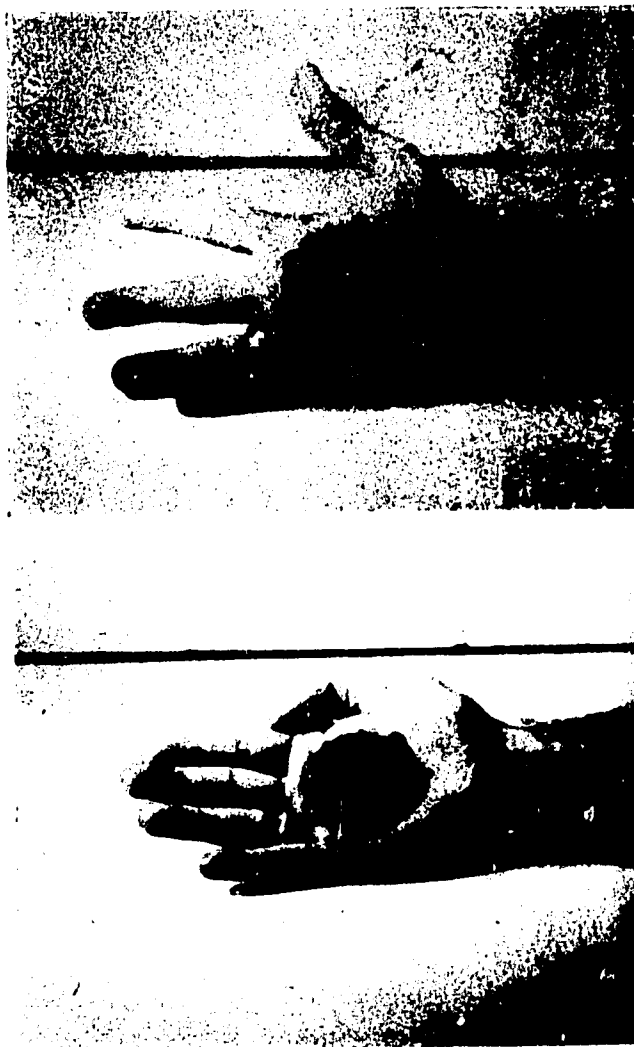


8^b. Réaction lente à l'essai aux secousses.

l'échantillon il ne se craquèle ni ne s'effrite, mais il s'aplatit comme une boule de mastic. Ceci montre qu'il y a de l'argile.

3. Très lente (ou pas de réaction). — Certains sols ne donnent pas de réaction à l'essai des secousses, aussi longtemps qu'on le prolonge. Plus la réaction est longue, et plus le sol contient d'argile. On devra pour ces sols utiliser les autres essais indiqués ci-dessous pour savoir à quoi s'en tenir.

ESSAI DU CORDON. — Prendre un morceau de terre de la taille



8°. *Sol ne régissant pas à l'essai aux secousses.*

d'une olive, le mouiller juste assez pour que l'on puisse le modeler facilement à la main, sans qu'il ne soit collant. Puis sur une surface plane et propre, le rouler pour en faire un cordon, avec la paume ou les doigts, en appuyant juste assez pour que le cordon s'amincisse progressivement (voir la figure 9). S'il se casse avant d'être réduit à un diamètre de 3 mm, la terre est trop sèche, et on ajoutera un peu d'eau. Quand l'humidité est correcte le cordon commence à se diviser en morceaux plus petits juste quand il arrive au diamètre de 3 mm. S'il ne se casse



9. *Essai du cordon.*

pas à 3 mm, le rassembler à nouveau, le pétrir et recommencer l'opération jusqu'à ce que le cordon se tronçonne au diamètre de 3 mm (il peut arriver qu'il se casse parce qu'il sèche pendant qu'on le roule).

Aussitôt que le cordon s'est coupé, reconstituer une boulette avec les morceaux et voir quelle force il faut pour l'écraser entre le pouce et l'index. Cet essai donne une indication de la quantité d'argile contenue dans le sol, et aussi du type d'argile. Si le sol s'émiette facilement et si l'on ne peut faire un cordon quelle que soit la quantité d'eau, cela veut



10. *Essai du ruban.*

dire qu'il ne contient pas d'argile du tout. Voici les autres cas qui peuvent se présenter :

1. Cordon dur. — Si on ne peut déformer la boulette reconstituée qu'avec beaucoup d'effort, et sans qu'elle ne se fissure ni ne s'émiette, le sol contient beaucoup d'argile. On ne pourra sans doute pas en faire des murs de terre sans ajouter un stabilisant.

2. Cordon mi-dur. — Le sol dans ce cas peut être remis sous forme de boulette, mais lorsqu'on presse celle-ci entre les doigts elle se

fissure et s'émiette. Un tel sol peut être bon, mais peut aussi exiger un stabilisant dans certaines régions. Vérifier au tableau I.

3. Cordon fragile. — Lorsque le sol contient beaucoup de limon ou de sable et très peu d'argile on s'aperçoit qu'il est impossible de reformer une boulette avec le rouleau sans que celle-ci ne se casse et s'émiette. Ce sol peut convenir pour les murs de terre. Vérifier au tableau I.

4. Cordon mou et spongieux. — On s'aperçoit parfois que les cordons et boulettes que l'on peut faire sont mous et spongieux. Si l'on presse la boulette entre les doigts elle se comporte comme une éponge, et revient élastiquement. Dans ce cas on a affaire à de la terre organique qui ne convient pas à la construction en terre.

ESSAI DU RUBAN. — Cet essai donne des renseignements de même nature que l'essai du cordon. Il est utile de faire les deux essais, chacun servant de vérification à l'autre.

Prendre assez de terre pour faire un rouleau de la taille d'un cigare. Celui-ci ne doit pas être collant, mais suffisamment humide pour que l'on puisse par roulage en faire un cordon de 3 mm sans qu'il ne casse, comme dans l'essai précédent. Mettre le rouleau dans la paume de la main et, en commençant par un bout, l'aplatir en le pressant entre le pouce et l'index de façon à former un ruban de 3 à 6 mm d'épaisseur (voir figure 10). Manipuler l'échantillon avec précaution de façon à obtenir la plus grande longueur que puisse donner le sol. Mesurer la longueur à laquelle on peut arriver sans que le ruban ne casse. Les résultats que l'on peut obtenir sont les suivants :

1. Longs rubans. — Avec certains sols le ruban peut tenir jusqu'à une longueur de 25 à 30 cm sans se casser. Ceci indique que le sol contient beaucoup d'argile. De tels sols donnent des murs de terre durables si on les stabilise.

2. Rubans courts. — Si l'on arrive, bien qu'avec difficulté, à obtenir un ruban de 5 à 10 cm, le sol contient une teneur moyenne à faible d'argile. Il sera analogue à ceux qui donnent un cordon mi-dur ou fragile. Cette terre fera de bons murs dans beaucoup de cas, mais il convient de la vérifier au tableau I.

3. Pas de ruban. — Certains sols ne peuvent pas du tout être mis sous forme de ruban. Ceci indique qu'ils ne contiennent au plus qu'une très faible quantité d'argile. De tels sols, s'ils ont un peu d'argile, permettent de faire de bons murs en terre damée. Si le sol n'est que sable, il est inutilisable, sauf si on le stabilise largement avec du ciment Portland. Vérifier au tableau I.

ESSAI DE RÉSISTANCE A SEC. — C'est un autre essai simple, qui aide à déterminer la quantité d'argile contenue dans le sol. Préparer deux ou trois pastilles de terre d'environ 12 mm d'épaisseur et 25 à 30 mm de diamètre. Mettre assez d'eau pour que la terre soit franchement molle, mais cependant assez solide pour conserver sa forme lorsqu'on la met en pastilles. Puis faire sécher les pastilles au soleil ou dans un four jusqu'à ce qu'elles soient entièrement sèches. Casser la pastille

de terre, puis essayer de la réduire en poudre entre le pouce et l'index. Voici ce que l'on peut observer :

1. Grande résistance à sec. — Si l'échantillon a une grande résistance à sec, il est très difficile à casser. Lorsqu'il se casse, il le fait avec un claquement, comme un biscuit sec. On n'arrive pas à écraser la terre entre le pouce et l'index. On peut arriver à l'effriter un peu avec les doigts, mais il ne faut pas confondre cela avec la réduction en poudre. De tels sols contiennent beaucoup d'argile, et ne conviennent que stabilisés.

2. Résistance moyenne à sec. — Dans ce cas il n'est pas difficile de casser la pastille de terre sèche. Avec quelque effort on arrive à réduire la terre en poudre de la taille des grains initiaux, en la pressant entre le pouce et l'index. Un tel sol est bon, mais il peut exiger un stabilisant pour réduire le retrait. Vérifier au tableau I.

3. Faible résistance à sec. — Une pastille contenant très peu d'argile se casse sans aucun problème, et se réduit facilement en poudre. Les pastilles de terre très sablonneuse s'effritent dans la main avant même que l'on ne les écrase. Avant de décider de l'utilisation de ce sol, vérifier au tableau I.

Les quatre essais indiqués ci-dessus sont les plus importants, et il est payant de les utiliser pour se renseigner sur le sol dont on dispose. Voici quelques autres essais qui peuvent également aider en cas de besoin :

EXAMEN DE L'ODEUR. — Le sol organique a une odeur de moisi, surtout quand on vient de l'extraire. Secs, ces sols organiques redonneront cette même odeur si on les mouille puis qu'on les chauffe. Ne pas utiliser de tels sols pour les murs de pierre.

ESSAI DE LA MORSURE. — C'est une façon rapide et utile d'identifier le sable, le limon, ou l'argile. Prendre une pincée de terre et l'écraser légèrement entre les dents. On identifiera le sol comme suit :

1. Sols sablonneux. — Les particules de sable dures et pointues grincent entre les dents ce qui provoque une sensation désagréable. Cela se produit même avec du sable très fin.

2. Sols limoneux. — Les particules de limon sont beaucoup plus petites que celles du sable, et bien qu'elles grincent encore entre les dents, cela n'est pas spécialement désagréable. Le limon paraît nettement moins rugueux que le sable.

3. Sols argileux. — Les particules d'argile ne grincent pas du tout. Au contraire l'argile paraît lisse et farineuse entre les dents. On s'aperçoit qu'une pastille de terre sèche contenant beaucoup d'argile est légèrement collante quand on la touche avec la langue.

EXAMEN DE L'ÉCLAT. — Prendre une pastille de sol sec ou humide, et la frotter avec l'ongle ou le plat d'une lame de couteau. Si le sol contient du limon ou du sable, même si le reste est de l'argile, la surface reste mate. Un sol contenant beaucoup d'argile devient vite brillant.

TABLEAU I
LIMONS - ARGILES

On utilisera le tableau ci-dessous si le tas de limon et d'argile est plus gros que les tas de sable et de gravier réunis.
Le tableau indique de quel sol il s'agit.

Noms des sols	Réaction à l'essai aux secousses du matériau humide	Résistance à sec	Essai du cordon	Essai du ruban	Autres essais	Possibilités d'utilisation pour la construction en terre	Stabilisants	Remarques
Sables très fins, sables fins limoneux, sables fins argileux, limons argileux	Varie entre « rapide » et « lente », mais jamais « très lente »	Faible à nulle ; généralement nulle	Cordon fragile ou de résistance nulle	Ruban court, ou pas de ruban du tout	Se rince facilement ; ne colore pas les mains	Convient pour tous les types, en particulier l'adobe, si on le stabilise	Ciment portland le meilleur ; les émulsions d'asphalte ainsi que la plupart des hydrofuges conviennent	Peut être affecté par le gel
Limons	Entre lente et nulle	Faible à moyenne	Cordon fragile à mi-dur	Rubans courts		A ne pas utiliser si possible ; sinon mettre beaucoup de stabilisant	Ciment portland ; émulsions d'asphalte si le sol n'est pas trop collant	Nécessite en général un enduit outre le stabilisant
Argiles graveleuses, argiles sablonneuses, argiles limoneuses	De très lente à nulle	Moyenne à grande	Cordon mi-dur	Rubans courts à longs		Nécessite habituellement un stabilisant ; convient surtout pour la terre damée et les parpaings comprimés	Chaux, sable, gravier	Peut être très bon si la teneur en sable ou gravier est élevée
Argiles, argiles grasses	Nulle	Grande à très grande	Cordon dur	Longs rubans	Très collant quand il est humide ; difficile de rincer les mains	Ne doit jamais être utilisé pour construire des maisons en terre		

Noms des sols	Réaction à l'essai aux secousses du matériau humide	Résistance à sec	Essai du cordon	Essai du ruban	Autres essais	Possibilités d'utilisation pour la construction en terre	Stabilisants	Remarques
Limons et argiles limoneuses contenant de la terre végétale	Lente	Faible à moyenne	Cordon fragile et spongieux	Rubans courts ou pas de ruban ; consistance spongieuse	Une pastille de sol humide répand une odeur de moisissure quand on la chauffe	Ne doit jamais être utilisé pour construire des maisons de terre		
Argiles contenant de la terre végétale	Très lente à nulle	Moyenne à grande	Cordon fragile à mi-dur ; consistance spongieuse	Rubans courts ; consistance spongieuse	Une pastille de sol humide répand une odeur de moisissure quand on la chauffe	Ne doit jamais être utilisé pour construire des maisons en terre		

GRAVIERS

On utilise le tableau ci-après, lorsque le tas de gravier est plus gros que celui de sable, pour savoir de quel gravier il s'agit.

Graviers limoneux, mélanges de sable, limon et gravier	Rapide	Faible à nulle (en général nulle)	Cordon sans résistance	Pas de ruban	Les matériaux fins se rincent aisément; ne colorent pas les mains	Convient en général si on le stabilise. Si le gravier est presque « propre », il peut être nécessaire d'ajouter d'abord des fines	Ciment portland le meilleur ; les émulsions d'asphalte peuvent aussi convenir	Peut être affecté par le gel
Graviers limoneux, mélanges de gravier, sable et argile	Lente à très lente	Moyenne	Cordon mi-dur	Rubans courts (parfois longs)	Il est difficile de rincer la fraction la plus fine	Peut convenir très bien pour tous les types de construction en terre. Si le gravier est presque propre, il peut être nécessaire d'ajouter des fines	Chaux la meilleure ; le ciment portland peut convenir si le mélange se gâche facilement	

Gravier propre

Ne convient pas pour la construction en terre. Peut être mélangé à des fines (limons ou argiles) pour obtenir un mélange utilisable

S'il est bien calibré, très bon pour l'agrégat du béton des fondations

SABLES

On utilise le tableau ci-après si le tas de sable est plus gros que le tas de gravier, pour savoir de quel sable il s'agit.

Sables limoneux	Rapide	Faible à nulle (en général nulle)	Cordon sans résistance	Pas de ruban	Les fines se rincent facilement ; ne colore pas les mains	Convient en général si on le stabilise. Si le sable est presque propre, il peut être nécessaire d'ajouter des fines	Ciment portland le meilleur ; les émulsions d'asphalte peuvent convenir ; fines limoneuses	Peut être affecté par le gel
Sables argileux	Lente à très lente	Moyenne	Cordon mi-dur	Rubans courts (parfois longs)	Fines difficiles à rincer des mains	En général très bon pour tous les types de construction en terre. Si le sable est presque propre, il peut être nécessaire d'ajouter des fines	Chaux la meilleure ; le ciment portland convient si le mélange se gâche facilement	
Sables propres						Ne convient pas pour la construction en terre, sauf en mélange avec des fines	Fines limoneuses	S'il est bien calibré, bon pour l'agrégat du béton de fondation

BATIR EN TERRE

LAVAGE DES MAINS. — On peut apprendre beaucoup de choses en se lavant les mains avec la terre. Les sols argileux donnent, humides, une sensation lisse ou savonneuse, et il est difficile de les rincer. Les sols limoneux paraissent pulvérulents comme la farine, mais ne sont pas trop difficiles à rincer. Les sols sablonneux sont faciles à rincer.

La couleur est un moyen important de classer les sols. Les couleurs allant du vert olive ou brun au noir peuvent indiquer un sol organique. Le rouge et le brun foncé peuvent provenir de la présence de fer. Les sols contenant beaucoup de corail, calcaire, gypse ou caliche peuvent être blancs ou gris.

Après avoir fait tous les essais indiqués ci-dessus et noté les résultats qu'ils donnent, on peut utiliser le tableau I. Il indique quel est exactement le sol dont on dispose et quels types de construction conviennent à ce sol.

Voici comment utiliser le tableau I : Supposons que l'on constate que le sol est à base de gravier. Ceci veut dire que le tas de sable et de gravier était plus gros que celui de limon et d'argile, et le tas de gravier plus gros que celui du sable. Utiliser dans ce cas la partie du tableau qui correspond aux graviers.

Supposons que les essais montrant que la fraction passant à travers le tamis fin produit une réaction rapide à l'essai des secousses, donne un cordon fragile, et présente à sec une très faible résistance. Alors le sol est un gravier limoneux. Il ne convient pas, sans stabilisation, pour la construction en terre.

POUR PLUS DE PRÉCISION. — Bien sûr, les essais que nous avons indiqués sont plutôt rustiques par rapport aux techniques habituelles des ingénieurs. Mais lorsque vous les aurez exécutés un certain nombre de fois, et que vous « sentirez » votre sol, vous aurez tous les renseignements nécessaires.

Cependant, afin que vous puissiez savoir ce qu'un ingénieur en mécanique des sols ferait, nous vous donnons une liste d'essais qu'il pourrait pratiquer (ou que vous pourriez pratiquer vous-même si vous disposez du matériel nécessaire). Si vous pouvez faire les essais vous-même, ou si vous avez quelqu'un qui peut les faire pour vous, il existe des tableaux analogues au tableau I que l'on peut utiliser pour déterminer avec plus de précision la nature du sol et ce que l'on peut en faire. Ces essais sont décrits en détail à l'annexe A.

1. **L'analyse granulométrique** permet de connaître avec plus de précision la taille des particules du sol. Il existe deux méthodes, l'une simple ne nécessitant que peu de matériel, l'autre compliquée et nécessitant un matériel spécial.

2. **Les essais de retrait linéaire** donnent un moyen précis et simple de mesurer la teneur en argile du sol et de savoir comment l'argile se comportera au point de vue du retrait et du gonflement.

3. **La limite d'Atterberg** donne à peu près les mêmes renseignements que l'essai de retrait, mais avec plus de précision.

ESSAIS SUR LES BLOCS. — Les essais simples sur le terrain que vous avez faits vous ont déjà donné beaucoup de renseignements que vous n'aviez pas. Mais, à eux seuls, ils ne peuvent pas vous dire tout ce que vous avez besoin de savoir sur le sol. Pour cela il faut d'autres essais, pour lesquels vous devez fabriquer quelques blocs par la méthode que le tableau I recommande pour votre sol. Cela prend environ un mois pour fabriquer, laisser vieillir, et essayer les échantillons, mais cela vaut la peine. Une maison bien faite dure une vie entière.

Il vaut mieux utiliser comme échantillons des blocs de taille normale, mais si l'on essaye différents sols, ou le même sol avec différents stabilisants, cela peut exiger une grande quantité de terre. Dans ce cas on peut faire des éprouvettes d'essai plus petites, d'environ $150 \times 75 \times 50$ mm. Il faut sept blocs de chaque sol, ce qui consomme environ quatre pelletées de terre.

Si le tableau indique que votre sol peut être utilisé avec plusieurs méthodes de construction, le mieux est alors de faire sept échantillons par méthode recommandée, essayer ces échantillons, et décider ensuite de la méthode à adopter.

Ces essais terminés, et une fois le sol et la méthode déterminés, il sera intéressant de faire quelques blocs de taille normale (si l'on a utilisé les blocs de $150 \times 75 \times 50$ mm pour les essais d'évaluation) et de les essayer pour s'assurer qu'ils se comportent comme les petits blocs.

Voici ce qu'il convient de faire pour les trois méthodes de construction :

ADOBE. — Premièrement, voir comment l'eau se mélange à la terre. Si on n'obtient pas facilement une boue lisse, mais que le mélange colle à tout y compris aux outils servant au mélange, le sol ne donnera pas une bonne maison en adobe (il contient trop d'argile).

Si l'on désire quand même construire en adobe, il faudra ajouter un stabilisant. Il en existe plusieurs, comme nous le verrons au chapitre 3, mais supposons que l'on choisisse la chaux.

Pour l'un des mélanges d'essais, ajouter une partie de chaux à 50 parties de terre ; pour un autre, une partie pour 25 ; et pour un troisième une partie pour 17. Préparer assez de chaque mélange pour faire sept blocs. Mélanger le sol et le stabilisant jusqu'à obtenir une coloration uniforme. Le mélange est très important, aussi faites-le bien.

Puis — que le sol contienne ou non un stabilisant — ajouter progressivement de l'eau jusqu'à obtenir une boue épaisse. On saura si elle est correcte en déplaçant dans la masse un bâton pointu. Si le fond du sillon se referme à peine sous l'effet de la pesanteur, la consistance est convenable.

Mettre le sol humide dans un moule. La figure 11 représente un moule pour petits échantillons qui permet de faire huit blocs de $150 \times 75 \times 50$ millimètres.

Pour que les moules soient bien remplis, remuer un peu la boue avec la main pour chasser les poches d'air. Racler l'excès de boue au-dessus du moule avec une planche ou le tranchant d'une pelle.

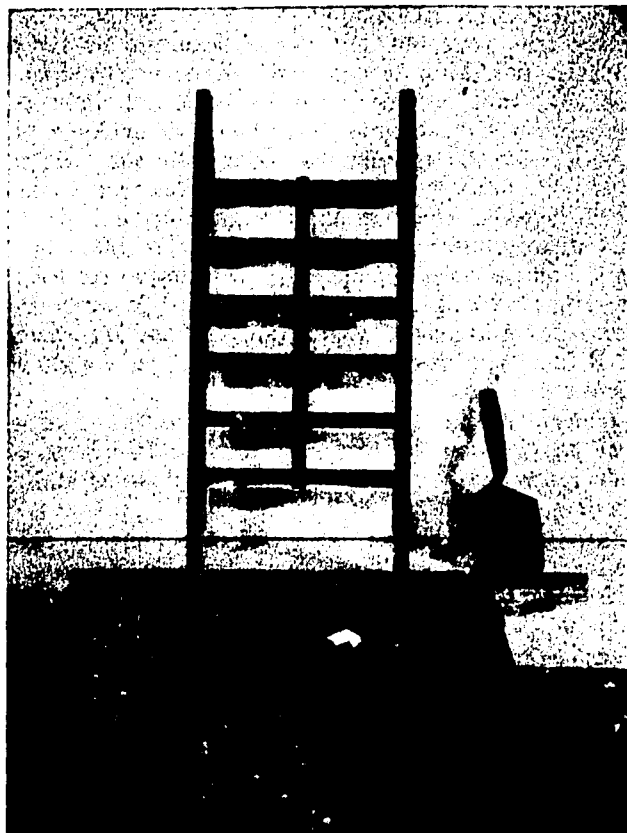


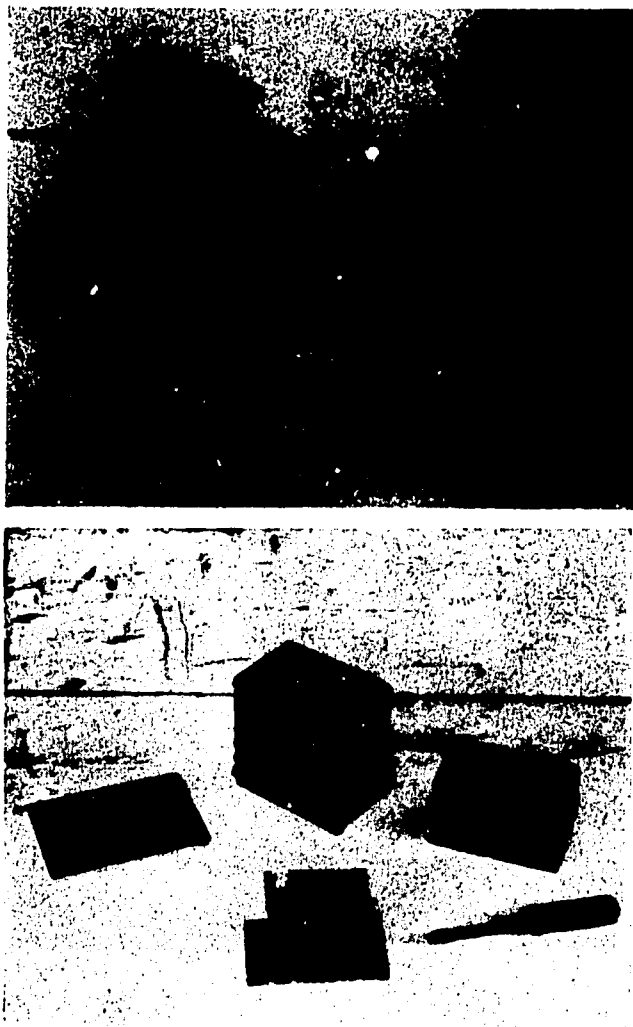
FIG. 11

Laisser reposer le moule environ 15 minutes de façon que l'on puisse le soulever sans que les blocs ne se déforment trop. Si les blocs s'effondrent ou s'affaissent, c'est qu'on a ajouté trop d'eau et il faut recommencer.

Au bout de quelques jours, mettre les blocs sur la tranche et les laisser vieillir. Les blocs non stabilisés doivent vieillir au soleil pendant quatre semaines.

Si les blocs d'essai contiennent un stabilisant, il faut les arroser, au moins pendant la première semaine, ou les abriter complètement du soleil pour qu'ils restent humides. On les protégera de la pluie mais par contre l'air doit pouvoir les atteindre en permanence.

Pendant que les blocs vieillissent on peut, sans attendre quatre semaines, dire qu'ils contiennent trop d'argile s'il apparaît de grandes fissures béantes. Des blocs d'adobe de grandeur normale ne devraient pas présenter plus de deux ou trois fissures étroites ne traversant pas



12. *Moules pour comprimer les parpaings.*

tout le bloc. Les petits blocs de $150 \times 75 \times 50$ mm ne doivent pas être fissurés du tout. Si les blocs s'effritent facilement au bout d'une semaine ou deux, c'est que le sol contient trop de sable.

Lorsque les briques d'adobe ont convenablement vieilli, on peut procéder aux essais.

PARPAINGS AGGLOMÉRÉS EN TERRE DAMÉE. — L'une des différences entre la fabrication des briques d'adobe et les parpaings comprimés ou la terre damée réside dans la quantité d'eau utilisée pour

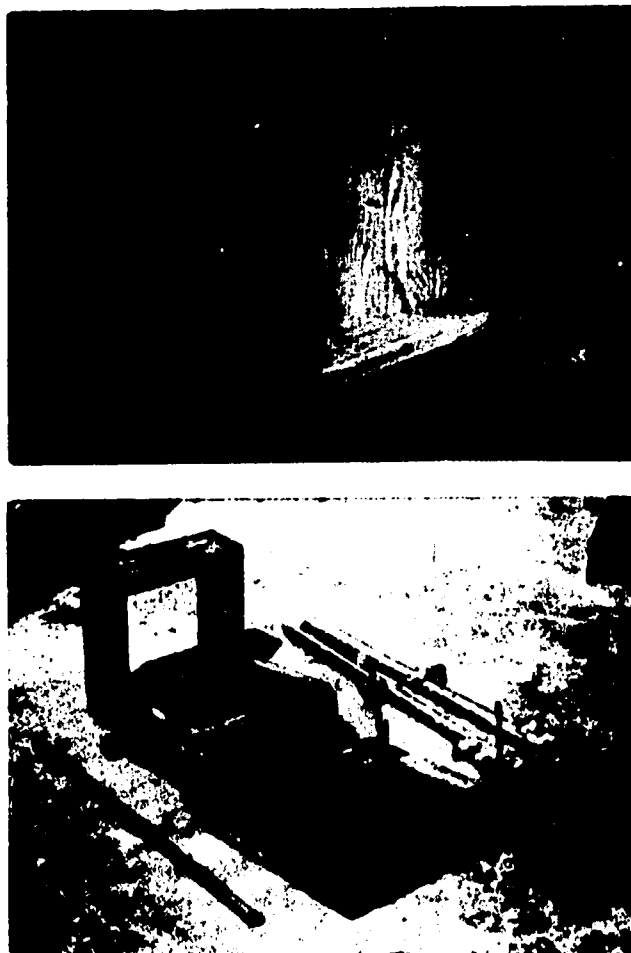


FIG. 13

la préparation du sol. Nous dirons que l'adobe est « mouillé », les autres seulement « humides ». Il est important que le sol contienne la quantité d'eau correcte. Un bon et complet mélange est également essentiel.

Pour contrôler la teneur en eau, prendre une poignée de terre humide, et en faire avec les mains une boule de la taille d'une petite orange, que l'on comprimera le plus que l'on pourra. Puis laisser tomber cette boule, sur une surface dure, de la hauteur de l'épaule. Si elle se casse en quelques morceaux, ou s'affaisse, c'est qu'elle est trop humide. Si l'on a du mal à en faire avec les mains une boule qui tienne, ou si on peut l'effriter facilement entre les doigts, elle est trop sèche. Cet essai est valable que le sol soit stabilisé ou non.

Lorsque le taux d'humidité est correct, on peut préparer les blocs d'essais comprimés ou damés.

Evidemment, si on dispose d'une machine à faire des parpaings grandeur nature, on l'utilise. Sinon il faut un moule tel que celui de la figure 12, et un moyen d'appliquer une pression dans le moule. La pression doit être de 20 kg/cm² sur toute la surface du parpaing, aussi le moule devra-t-il pouvoir résister à des efforts considérables. On fabriquera exactement de la même façon chaque parpaing d'essai.

Enlever chaque parpaing de son moule, et le laisser vieillir comme l'adobe, pendant quatre semaines. Surveiller s'il se forme des fissures pendant cette période. Si les parpaings de taille normale contiennent plus d'une fissure étroite chacun, ils ne conviennent pas.

TERRE DAMÉE. — Faire un moule analogue à celui de la figure 13 d'environ 30 × 30 cm sur 20 cm de profondeur intérieure. Il devra être en bois sec ne travaillant pas, et badigeonné d'huile avant l'emploi. Puis fabriquer une dame pour tasser la terre ; par exemple en vissant une grosse plaque métallique plane sur un morceau de tuyau (voir figure 79 a).

Remplir aux trois-quarts le moule (non compris le cadre extérieur) de terre pulvérulente bien mélangée, et damer 50 coups. Puis remettre la même quantité de terre, et damer encore 50 coups. On doit obtenir un bloc — constitué de deux couches — d'un peu plus de 15 cm d'épaisseur. Egaliser le dessus avec un couteau ou une lame d'acier. Il faut que tous les blocs d'essai soient damés de la même façon.

Enlever des moules tous les blocs, sauf le dernier fabriqué, et laisser vieillir les blocs comme l'adobe. Le dernier bloc devra être laissé vieillir dans le moule. Si le sol se contracte, donc s'éloigne des parois du moule, il ne convient pas à la préparation de terre damée.

ESSAIS SUR LES BLOCS. — Une fois que tous les blocs ont vieilli pendant quatre semaines, on peut commencer les essais ci-après :

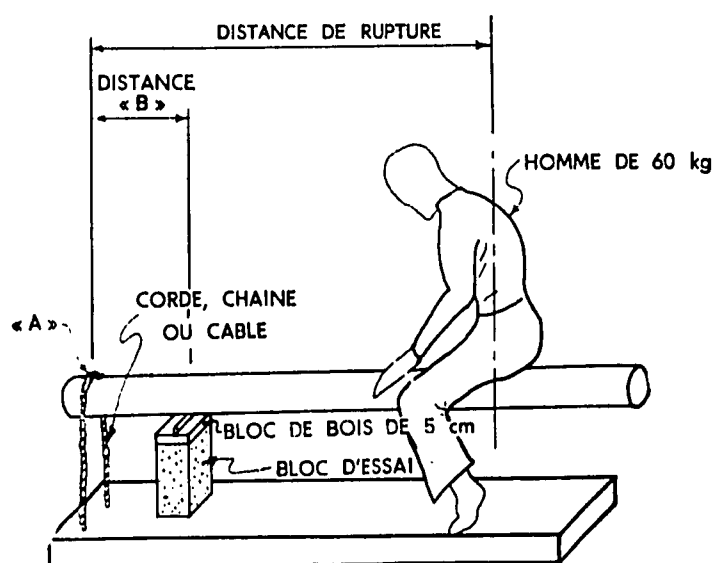
Essai d'absorption. — Cet essai indique la vitesse à laquelle les blocs absorbent l'eau et s'il y a gonflement. Il doit être fait pour chaque sol que l'on a l'intention d'utiliser pour construire des murs en terre, quelle que soit la méthode prévue. Si l'on dispose de plusieurs sols, entre lesquels on hésite à choisir, cet essai peut fournir des éléments de choix.

Matériel et fournitures nécessaires.

1. 2 des 7 blocs de chaque sorte de mélange de sol.
2. Un bac peu profond pouvant contenir de l'eau sur une hauteur d'au moins 25 mm, et où l'on puisse placer plusieurs blocs à la fois. Utiliser une grille en gros fil de fer comme support des échantillons. Elle sera disposée dans le bac de façon que les blocs plongent de 3 mm dans l'eau. Mettre des cales de place en place sous le grillage pour éviter qu'il ne s'affaisse sous le poids des échantillons. Faire un trou sur un des côtés du bac à la hauteur voulue pour que la profondeur d'immersion des blocs ne dépasse pas 3 mm. Puis en faisant arriver un



14. On peut exercer au laboratoire un contrôle étroit sur les essais de sols, tels que l'essai d'absorption représenté ci-dessus. De légères modifications permettent d'exécuter cet essai sur le terrain.



15. Mesure de la résistance des blocs par un système simple à levier (voir tableau 2).

filet d'eau dans le récipient, l'excès s'écoulant par le trou, on sera certain que les échantillons trempent toujours exactement de 3 mm dans l'eau. La figure 14 montre un de ces bacs.

3. On placera un tamis fin (par exemple une moustiquaire) entre les blocs et la grille pour éviter que les échantillons fragiles ne tombent en morceaux à travers celle-ci.

4. Un mètre gradué en mm.

5. Du papier paraffiné ou des sacs en plastique, si on en a. Les prendre d'une taille suffisante pour passer largement autour des échantillons. Ces sacs ne sont pas absolument nécessaires, mais augmentent la précision de la mesure en empêchant l'eau de s'évaporer des échantillons. Ils sont surtout utiles par temps chaud et sec.

6. Une alimentation en eau propre.

7. Une montre.

8. Une fiche analogue à celle reproduite plus loin.

L'essai commence dès que le bloc touche l'eau.

Les blocs sont maintenus dans exactement 3 mm d'eau. Pendant qu'ils trempent on voit une bande humide qui apparaît tout autour sur les côtés du bloc. Au bout de 5 minutes, mesurer avec le mètre la hauteur atteinte par cette bande depuis le bas du bloc. Il arrive que cette ligne ne soit pas droite et horizontale. On estimera alors à 2 mm près la meilleure moyenne possible. Recommencer la mesure au bout de 1, 2, 4, 8 et 24 heures, puis chaque jour par la suite, ou jusqu'au moment où l'eau atteint le sommet du bloc. On notera sur la fiche les hauteurs mesurées, ainsi que le temps au bout duquel l'eau a atteint le sommet du bloc.

Si l'on possède une balance, peser les blocs à chaque fois que l'on mesure la hauteur, ce qui donne une meilleure idée du moment où le bloc cesse d'absorber de l'eau. Il y a sur la fiche un endroit où noter les poids mesurés.

Pour voir si le bloc gonfle, mesurer son grand côté à 1 mm près avant l'essai. A la fin de l'essai remesurer le bloc **exactement** au même endroit. Ces mesures trouvent également place sur la fiche.

La fin de l'absorption est un bon moment pour mesurer la résistance des blocs, car ceux-ci sont alors dans leur état de moindre résistance. Faire l'essai dès que la bande d'humidité atteint le sommet du bloc. La résistance mesurée sera la résistance du bloc « humide ».

ESSAI DE RÉSISTANCE. — L'essai de résistance se fait en compression (par écrasement) et non en traction. Cet essai est très important pour les maisons de terre, et on devra l'exécuter avec beaucoup de soin.

Matériel et fournitures nécessaires :

1. Deux des blocs séchés et vieillis, plus les deux blocs utilisés dans l'essai d'absorption. La taille et la forme des blocs est très importante quand on mesure la résistance à la compression. Leur longueur doit être environ le double de la largeur. Le bloc de 150 × 75 × 50 mm est idéal mais, pour les blocs de terre damée, il faudra avant toute chose les amener à la taille voulue, en procédant avec soin pour éviter de les abîmer.



16. *Mesure au laboratoire de la résistance à la compression sans confinement d'un échantillon avec une machine d'essai universelle. L'éprouvette est un parpaing fait à la machine CINVA-Ram.*

2. Un moyen d'appliquer et de mesurer la charge d'écrasement des blocs. Dans les laboratoires commerciaux on utilise une machine comme celle de la figure 16. On peut aussi utiliser un cric hydraulique si l'on dispose d'un manomètre pour mesurer exactement la charge d'écrasement. De même on peut ajouter un accessoire à la machine CINVA à faire les parpaings de façon à casser les blocs (figure 19). Noter que sur cette figure le bloc n'est pas en position correcte pour l'essai de compression. On peut enfin fabriquer une machine simple à levier telle que celle de la figure 15.

3. Une règle de 30 cm, graduée en millimètres.

4. Un exemplaire de la fiche reproduite ci-dessous.

Les méthodes dont nous parlons ici sont celles qui sont faciles à exécuter et ne nécessitent que peu ou pas de matériel. Si vous possédez un quelconque des matériels plus perfectionnés mentionnés ci-dessus, la procédure d'essai restera sensiblement la même, mais les résultats seront, bien sûr, plus exacts.

On fera l'essai sur les blocs en les chargeant dans la direction de leur plus grande dimension. Vérifier que le haut et le bas sont d'équerre de façon que le bloc ne s'incline pas pendant la mise en charge. Il est important de connaître la surface exacte du bloc. Pour cela on mesure les dimensions exactes des côtés de la face sur laquelle on applique la charge, on multiplie entre eux les deux nombres obtenus, et on inscrit le résultat sur la fiche.

Si l'on utilise le système à levier de la figure 15, placer le bloc sous

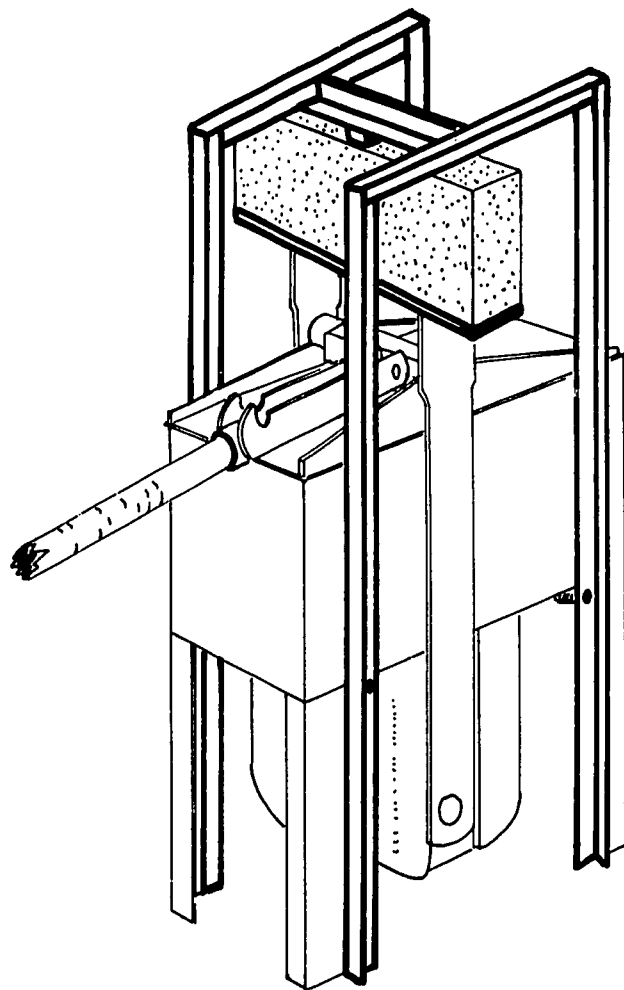


FIG. 17

le levier et appliquer la charge. On voit sur la figure 15 un homme de 60 kg assis sur le levier, mais on peut suspendre au levier un baquet plein de pierres ou d'eau (ou n'importe quoi pesant 60 kg). On commence en plaçant l'homme (ou le baquet) près du bloc, et on l'éloigne progressivement jusqu'à ce que le bloc casse. Puis on mesure la distance de l'extrémité (ou la chaîne) à la charge, distance que l'on appellera « distance de rupture ». On trouvera au tableau III la résistance à la compression du bloc qui s'en déduit. Pour les dimensions intermédiaires ne figurant pas à ce tableau, on obtiendra un résultat suffisamment exact en interpolant.

FICHE D'ESSAIS

Renseignements d'identification

Lieu de prélèvement :

Profondeur :

Type de bloc (entourer d'un cercle
la mention utile) :

Adobe, parpaing comprimé, terre damée

Quantité et nature du stabilisant :

Essai d'absorption

Temps	Hauteur de la ligne de démarcation d'absorption d'eau		Poids du bloc	Temps	Hauteur de la ligne de démarcation d'absorption d'eau			
	N° 1	N° 2			N° 1	N° 2	N° 1	N° 2
0				2 jours				
5 mn				3 jours				
1 h				4 jours				
2 h				5 jours				
4 h				6 jours				
8 h				7 jours				
24 h								

Temps au bout duquel l'eau a atteint le sommet du bloc :

Longueur du bloc avant le début de l'essai :

Longueur du bloc à la fin de l'essai :

Essai de résistance simplifié

Blocs secs		Blocs humides	
Bloc 1	Bloc 2	Bloc 1	Bloc 2
Surface du bloc (cm ²)		Surface du bloc (cm ²)	
Distance de rupture (cm)		Distance de rupture (cm)	
Résistance à la compression (kg/cm ²)		Résistance à la compression (kg/cm ²)	

Bloc 1 (entourer la mention utile)
Très mou, mou, moyen, tenace, très tenace, dur

Bloc 2 (entourer la mention utile)
Très mou, mou, moyen, tenace, très tenace, dur

Essai d'arrosage

Profondeur des creux

Bloc 1

Bloc 2

Remarques

Si l'on ne peut pas fabriquer la machine à levier de la figure 15, il est encore possible d'estimer la résistance du bloc humide, après l'essai d'absorption (pour les blocs secs, qui sont durs, il est difficile de faire, sans aucun matériel, ne serait-ce qu'une simple comparaison entre divers blocs) grâce à l'essai simplifié de résistance.

ESSAI SIMPLIFIÉ DE RÉSISTANCE. — Les résultats que peut donner cet essai sont :

— Très mou : On peut facilement pincer le bloc entre le pouce et l'index, ou même le bloc s'écroute sous son propre poids.

— Mou : Si on peut enfoncer facilement de plusieurs centimètres le pouce dans le bloc, on dira que le bloc est mou.

— Moyen : Si on peut faire pénétrer le pouce de 2 à 3 cm dans le bloc, sans effort excessif, le bloc est de résistance moyenne.

— Tenace : On peut faire une marque avec le pouce dans un bloc tenace, mais difficilement.

— Très tenace : On ne peut pas enfoncer le pouce, mais on peut faire pénétrer l'ongle du pouce.

— Dur : Très difficile à pénétrer même avec l'ongle du pouce.

Les seuls blocs qui conviennent normalement pour la construction en terre sont les blocs « durs ». Les blocs « très tenaces » peuvent convenir dans les régions sèches.

Se rappeler qu'il faut faire l'essai de résistance à la fois sur les blocs secs et vieillis (cette résistance est celle des blocs secs) et sur les blocs humides après l'essai d'absorption (résistance des blocs humides). Utiliser toujours au moins deux blocs pour déterminer les résistances. On prend la moyenne des deux blocs.

TABLEAU 2

DISTANCE DE LA CHARGE POUR LAQUELLE IL Y A RUPTURE

Surface du bloc (cm ²)	Distance « B » (cm)	« DISTANCE DE RUPTURE » (du point A au point d'application de la charge pour des blocs dont la résistance est donnée ci-dessous)				
		6 kg/cm ²	8 kg/cm ²	10 kg/cm ²	15 kg/cm ²	20 kg/cm ²
26	30	78	104	130	98 *	130 *
29	30	87	116	145	109 *	145 *
32	30	96	128	160	120 *	160 *
35	30	105	140	175	131 *	175 *
38	30	114	152	190	143 *	190 *
41	30	123	164	205	154 *	205 *
44	30	132	176	220	165 *	220 *
47	30	141	188	235	176 *	235 *
50	30	150	200	250	188 *	250 *
110	30	165	220	275	206 *	275 *
120	15	180	240	300	225 *	300 *
130	15	195	260	325	244 *	325 *

L'astérisque * indique que la distance est calculée pour une charge de deux hommes (environ 120 kg). On mesure la distance du point A au centre de la charge.

ESSAI D'ARROSAGE. — Cet essai indique la façon dont le bloc se comportera sous une dure pluie battante. Pour obtenir des résultats précis il faut du matériel de laboratoire, mais il existe une autre méthode qui est également satisfaisante.

Matériel et fournitures :

1. Deux des sept blocs de chaque mélange.
2. Un ajutage permettant d'obtenir un arrosage violent sur tout le bloc. On utilise généralement une pomme de douche de 10 cm de diamètre.
3. Un grillage recouvert d'un morceau de moustiquaire, comme dans l'essai d'absorption pour poser les blocs.
4. Une alimentation en eau donnant une pression à peu près constante pendant deux heures ou plus. La pression généralement utilisée est de 1,4 kg/cm².
5. Un manomètre, pour mesurer la pression de l'eau, que l'on montera sur le tuyau amenant l'eau à la pomme d'arrosage, et près de celle-ci.
6. Un exemplaire de la fiche reproduite ci-dessus.

La figure 18 montre une installation d'arrosage. Placer le grillage sur des briques ou des blocs de bois de façon à le surélever de quelques centimètres au-dessus du sol. Puis poser dessus les blocs à essayer, leur plus grande face perpendiculaire à l'ajutage et à exactement 18 cm de celui-ci. Commencer l'arrosage, en maintenant la pression aussi voisine que possible de 1,4 kg/cm².

Après deux heures d'arrosage, enlever les blocs et les examiner attentivement. Mesurer la profondeur des creux d'érosion. Noter le temps qu'il a fallu à certains blocs pour se désagréger complètement ou se dissoudre sous l'effet de la douche.

Vérifier et noter les résultats de l'essai d'arrosage sur la fiche, avec les résultats des autres essais, de façon à conserver la trace de tous les résultats d'essais.

Maintenant que les essais ont été effectués, il faut examiner les résultats, et décider si les blocs conviennent pour la construction de maisons de terre. Il faut se rappeler que les sols sont très divers. Il est difficile — même à l'aide de ces excellents essais — de savoir exactement comment le sol se comportera. Mais si l'on a la sagesse de procéder à ces essais tout en tirant parti de l'expérience des voisins en matière de maisons de terre, on pourra construire une maison solide.

Commencer par examiner le résultat de l'essai d'arrosage. Dans une région aride (sèche) — où les chutes de pluies sont inférieures à 500 mm/an — les blocs seront bons même s'ils sont un peu creusés, disons de 6 à 12 mm.

Dans une région où les chutes de pluie sont comprises entre 500 et 1 200 mm/an, les blocs ne doivent porter que de légers creux, de moins de 6 mm de profondeur.

Dans une région où les pluies excèdent 1 200 mm/an, les blocs

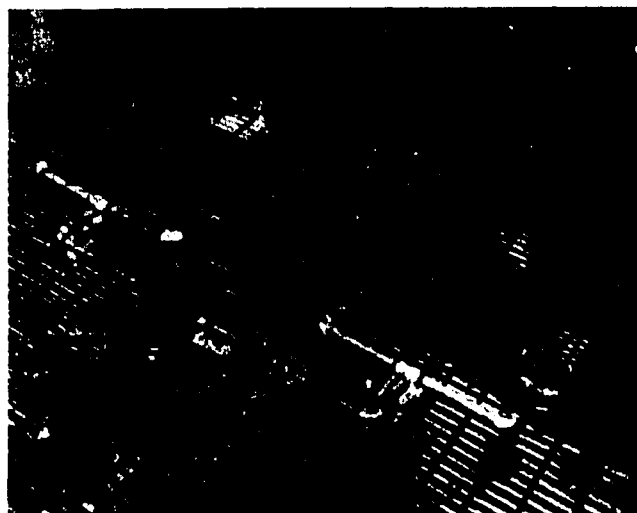


FIG. 18

ne doivent pas porter de marques, mais on peut admettre que la surface soit devenue légèrement rugueuse.

Les conditions ci-dessus ont été fixées en supposant qu'il existe une protection contre les éclaboussures, c'est-à-dire qu'ou bien le mur de fondation est assez haut pour que la couche inférieure de blocs ou de terre damée ne soit pas éclaboussée, ou bien les blocs situés à l'endroit des éclaboussures sont protégés.

Si les blocs ne satisfont pas aux conditions ci-dessus, il faut faire quelque chose si l'on veut avoir une maison durable. Voici diverses choses que l'on peut tenter :

1. Modifier la teneur en sable du mélange. Il est parfois utile d'avoir plus de sable. Cela mérite un essai.

2. Essayer un revêtement de surface (voir chapitre 14). L'un des objectifs que l'on vise en utilisant un revêtement de surface est la diminution de l'érosion due aux intempéries, phénomène que l'on simule par l'essai d'arrosage. Pour essayer un bloc avec le revêtement que l'on aura choisi, il faut que le bloc en soit entièrement couvert, bien que l'on ne revête que la surface extérieure du bâtiment réel.

3. Essayer d'ajouter l'un des stabilisants dont on parle au chapitre suivant. Une quantité même faible de chaux, ciment, ou d'asphalte augmente souvent la résistance des blocs à l'essai d'arrosage. En fait on peut essayer tout ce dont on dispose comme matériaux de rebut. Mais il faut se rappeler que l'effet des stabilisants se fait sentir également sur la résistance du sol et son absorption. C'est ainsi qu'une petite quantité de chaux peut légèrement diminuer la résistance du sol. Aussi, quand on essaye un stabilisant, faut-il recommencer toute la série des autres essais, en particulier ceux de résistance et d'absorption.

Il est beaucoup plus difficile d'analyser les résultats de l'essai d'absorption que ceux de l'essai d'arrosage. Tous les blocs de terre, et même les briques d'argile cuite absorbent de l'eau (en fait, au cours d'essais récents, des briques d'argile cuite de haute qualité ont absorbé autant d'eau que des parpaings de terre comprimée). Pour les maisons de terre on souhaiterait que le sol n'absorbe que peu d'eau, ne gonfle pas, et ne perde pas sa résistance du fait de l'absorption. Malheureusement cela n'est le cas, en l'absence de stabilisants, que pour de rares sols. Cependant, si l'on examine les résultats de l'essai d'absorption en tenant compte des modifications de résistance et de longueur des blocs on aura en tout cas beaucoup plus de renseignements qu'en ne considérant que la seule absorption.

Les blocs de sol graveleux sont plus longs à absorber l'eau que les blocs de sol sablonneux, alors que les murs en blocs argileux absorbent plus d'eau sur une longue période, et que l'humidité y monte plus haut. Dans les régions sèches — moins de 500 mm de pluie par an — des blocs même très absorbants peuvent convenir si leur résistance à l'état humide est suffisante. A l'opposé, les blocs qui absorbent beaucoup d'eau ne conviennent pas dans les régions très humides, même s'ils restent solides. En effet l'intérieur de la maison serait trop humide pour être confortable.

Les stabilisants peuvent réduire l'absorption. Les émulsions d'asphalte sont efficaces pour les blocs sableux, et la chaux pour les blocs argileux dont elle augmente également la résistance à l'état humide tout en diminuant le gonflement.

La variation de longueur au cours de l'absorption, doit être inférieure à 1 mm pour les petits blocs d'essai (ceux de moins de 150 mm de long). Sur les blocs plus gros, ou les parpaings de taille normale, on ne tolérera pas plus de 1 mm de variation pour 40 cm de longueur. Si la variation excède cette valeur, on peut la réduire en ajoutant un stabilisant, mais ici aussi cela implique que l'on devra remesurer sur le nouveau mélange les autres propriétés telles que la résistance et l'absorption. Cela aide d'ajouter du sable aux blocs argileux, et la chaux et le ciment sont également bons pour réduire le gonflement. A la différence des blocs qui s'érodent trop sous l'effet de l'arrosage, on ne peut pas protéger par un revêtement ceux qui gonflent trop. L'eau peut en effet traverser le revêtement et celui-ci se fissurera lorsque le bloc commencera à gonfler.

La résistance du bloc de terre est un facteur important. L'adobe et la terre battue doivent avoir au minimum, à sec, une résistance à la compression de 17 kg/cm². Celle des parpaings comprimés doit être d'au moins 20 kg/cm² car on les utilise pour des murs plus minces. La plupart des sols présentent, à sec, cette résistance, à moins qu'ils ne soient très sableux ou ne contiennent beaucoup de matières organiques.

Mais la résistance des blocs humides, après absorption, est encore plus importante que la résistance à sec. Les essais ont montré qu'elle devait être au moins égale à la moitié de cette dernière, c'est-à-dire que

l'adobe et la terre damée humides doivent avoir une résistance minimale de 9 kg/cm², et les parpaings comprimés de 10 kg/cm².

Dans les climats secs — moins de 500 mm/an de pluie — on peut se contenter de 7 kg/cm² pour l'adobe et la terre damée, si l'on prévoit un bon revêtement extérieur, et si la résistance à sec des blocs d'essais est suffisante.

Dans les climats humides — plus de 1 200 mm/an de pluie — on devra s'efforcer d'obtenir à l'état humide une résistance voisine des chiffres donnés plus haut pour la résistance à sec, c'est-à-dire 17 kg/cm² pour l'adobe et la terre damée, et 20 kg/cm² pour les parpaings comprimés.

TABLEAU 3

RÉSUMÉ DES ESSAIS SUR LES BLOCS

	Moins de 500 mm de pluie par an	Entre 500 et 1 200 mm de pluie par an	Plus de 1 200 mm de pluie par an
Essai d'arrosage	Creux de moins de 12 mm de profon- deur.	Creux de moins de 6 mm de profon- deur.	Pas de creux - Sur- face légèrement dé- polie admissible.
Résistance à la compres- sion du bloc sec	Au moins 17 kg /cm ² pour l'adobe et la terre damée. Au moins 20 kg /cm ² pour les par- paings comprimés.	Au moins 17 kg /cm ² pour l'adobe et la terre damée. Au moins 20 kg /cm ² pour les par- paings comprimés.	Au moins 17 kg /cm ² pour l'adobe et la terre damée. Au moins 20 kg /cm ² pour les par- paings comprimés.
Résistance à la compres- sion du bloc humide	Au moins 7 kg/cm ² pour l'adobe et la terre battue avec un bon revêtement de surface, et 12 kg /cm ² sans revête- ment. Au moins 10 kg/cm ² pour les par- paings comprimés.	Au moins 8 kg/cm ² pour l'adobe et la terre damée. Au moins 10 kg/cm ² pour les parpaings comprimés.	Les meilleurs sols satisfont aux condi- tions exigées pour les blocs secs, mais la résistance peut être légèrement infé- rieure.
Variation de longueur	Au plus 2,5 %.	Au plus 2,5 %.	Au plus 2,5 %.
Absorption			

Une fois les essais terminés, il reste encore un bloc sur les sept de départ. Il aurait servi à remplacer un éventuel bloc cassé, mais on peut aussi l'utiliser pour des essais spéciaux.

S'il gèle beaucoup dans la région où vous vivez, vous pouvez faire l'essai suivant :

Placer le bloc sur le bac d'absorption pendant 24 heures. Puis l'ôter et le faire geler pendant 24 heures. Le laisser dégeler sur le bac

d'absorption pendant deux heures, et recommencer l'opération autant de fois que possible.

Aucun de ces essais ne vous dira combien de temps exactement le bloc durera, mais ils aideront à choisir entre les différents sols que l'on songe à utiliser.

Les résultats à obtenir lors des essais que nous avons étudiés sont résumés sommairement au tableau III.

CHAPITRE III

LA STABILISATION DES SOLS

En leur ajoutant des substances appelées **stabilisants**, on peut utiliser de nombreux types de sols pour construire des murs de terre. **On peut améliorer pratiquement tous les sols avec le stabilisant APPROPRIÉ.**

Les effets des stabilisants sont les suivants :

1. Ils lient les particules du sol les unes aux autres, renforçant ainsi les blocs ou les murs.
2. Ils « hydrofugent » le sol, c'est-à-dire l'empêchent d'absorber l'eau.
3. Ils peuvent éviter le retrait ou le gonflement de la terre.

L'addition de stabilisants au sol, même ceux qui sont bon marché, augmente le prix de la maison. Mais l'ennemi naturel des murs de terre est l'eau, sous une forme ou une autre. Les stabilisants combattent cet ennemi. L'utilisation de stabilisants s'impose à un moindre degré sous des climats très secs. Les constructeurs des pays arides se protègent de l'érosion lente due au vent de sable en faisant des murs un peu plus épais. De tels murs ont duré plus de 100 ans. Il est important de connaître l'expérience qu'ont acquise d'autres constructeurs avant de décider de la méthode de construction.

En raison des nombreux types de sols et de stabilisants, on ne peut appliquer avec succès dans tous les cas une solution unique. Tout ce que ce manuel peut faire est d'indiquer quels stabilisants on peut utiliser, lequel est le meilleur pour certains sols, et quelle semble être la meilleure proportion à respecter. C'est au constructeur à faire des blocs d'essai avec différentes sortes et teneurs de stabilisants, puis à les essayer comme indiqué au chapitre II.

Types de stabilisation

Voici les stabilisants les plus couramment utilisés :

1. **Sable et argile.** — D'habitude on pense aux stabilisants du sol

comme à quelque chose d'inhabituel et de différent, mais on peut aussi utiliser du sable et de l'argile ordinaire. Si un sol est trop sableux, on y ajoute un peu d'argile, et réciproquement. Il est vrai de tous les stabilisants — et le sable et l'argile n'en diffèrent pas à cet égard — qu'il faut les mélanger intimement au sol pour qu'ils puissent agir. Si l'on a un sol très sableux, et un autre très argileux, ils ne se mélangeront pas facilement car il est difficile d'écraser les mottes d'argile. La seule façon de voir si deux sols se mélangent bien est d'essayer. Il est plus facile de mélanger une petite quantité qu'une grosse, aussi l'essai doit-il se faire dans les mêmes conditions que lorsqu'on bâtera la maison.

2. Ciment Portland. — Le type de ciment qui sert à préparer le béton est également un des meilleurs stabilisants du sol. Le ciment est surtout efficace avec les sols très sableux. Le tableau I indique quels sont les sols que le ciment stabilise le mieux (si le sol a été étudié au moyen des procédés de laboratoire décrits de l'annexe A, on saura qu'il peut être stabilisé au ciment si son indice de plasticité est compris entre 0 et 12 environ).

Quelques stabilisants se mélangent facilement à la terre, mais ce n'est pas le cas du ciment portland. Il doit être mélangé très intimement, et l'on doit briser les mottes de terre pour que le ciment puisse entrer en contact avec la totalité du sol (c'est l'une des raisons pour lesquelles le ciment n'est pas recommandé avec les sols argileux).

Le ciment réagit dès qu'il touche de l'eau, aussi le mélange ne doit-il pas se faire avec de la terre humide, mais avec le sol sec, et il doit être terminé avant qu'on ajoute l'eau. Puis, on fabrique des parpaings avec le mélange humide de terre et de ciment, ou on dame celui-ci rapidement dans le mur. Si l'on attend trop longtemps, le mélange durcit et ne vaut plus rien. Ne pas préparer plus de matériau qu'on ne veut en utiliser.

Il faut de l'eau pour que le ciment prenne. Comme il atteint pratiquement sa dureté et sa résistance maximales en 7 jours, il faut qu'il reste humide pendant tout ce temps. L'un des moyens est de recouvrir les parpaings ou le mur d'une couverture étanche à l'eau. En cas d'impossibilité, les recouvrir de sacs de toile humides que l'on arrosera souvent. Au bout de 7 jours de cure sous cette protection, on peut enlever la couverture, mais il est bon de maintenir les blocs à l'ombre encore 7 jours avant de les faire sécher au soleil. **Plus longtemps on conserve humides les blocs ou les murs de ciment-terre, et plus ils seront solides.**

L'usage du ciment présente deux inconvénients : il est cher, et il est parfois difficile de s'en procurer. Aussi faut-il d'abord essayer de savoir quelle est la quantité minimale nécessaire.

On peut fabriquer soi-même un ciment portland. Pour cela il faut beaucoup de chaleur, un matériel de broyage, une source d'argile et une source d'un matériau calcaire tel que coquillages, roche calcaire, caliche, etc.

3. Chaux. — La chaux, vive ou éteinte, est l'un des meilleurs stabilisants de l'argile. En réagissant avec l'argile elle forme un liant. La

chaux vive est très corrosive et doit être maniée avec beaucoup de précautions. Il est plus sûr de l'éteindre avant de l'utiliser. Le tableau I indique les sols qui conviennent le mieux à la chaux. Si l'on a étudié le sol aux moyens des procédés de laboratoire décrits à l'annexe A, on pourra essayer la chaux pour presque tous les sols dont l'indice de plasticité dépasse 12.

La chaux rend moins collantes presque toutes les argiles, mais elle ne les renforce pas toutes. En général elle renforce les argiles volcaniques mais, pour les autres sols argileux, la seule chose à faire est d'essayer la chaux pour voir l'effet qu'elle produit. Utiliser les essais du chapitre II.

Les sols contenant beaucoup d'argile forment habituellement des mottes. Mais la chaux facilite la désagrégation des mottes et par suite le mélange. En fait elle modifie l'aspect et le comportement du sol. Si le sol dont vous disposez contient beaucoup d'argile, voici ce qu'il faut faire :

Ajouter la chaux au sol sec, et mélanger avec assez d'eau pour mouiller tout le mélange, puis recouvrir pendant un jour ou deux en maintenant le tout humide. Puis gâcher à nouveau pour briser les mottes restantes et utiliser le matériau obtenu.

La chaux doit également être humide pour durcir, mais cela prend beaucoup plus de temps que pour le ciment. On conservera les blocs pendant 7 jours, 14 si possible, couverts et humides, puis à l'ombre pendant 7 jours encore avant de les exposer au soleil. Si l'on prépare des blocs pour les essais, s'arranger pour que ce soit assez à l'avance pour qu'ils aient tout le temps de prendre avant les essais. Il faut au moins un mois de cure, deux de préférence.

La chaux est moins chère que le ciment et on la trouve presque partout dans le monde. On peut la préparer soi-même, mais ce n'est pas facile. Il faut de la chaleur et un matériau tel que calcaire, coquillage, caliche et un moyen de broyer le calcaire calciné.

Les sols stabilisés à la chaux mettent environ 6 fois plus de temps que ceux stabilisés au ciment pour atteindre leur résistance maximale. Il faut se le rappeler lorsqu'on essaie de les comparer.

4. Combinaisons de chaux et de ciment. — Il peut arriver qu'on se trouve dans la situation suivante :

Le sol contient un peu trop d'argile pour que le ciment permette une bonne stabilisation ; la chaux permettrait de rendre le sol facile à travailler mais ne serait pas assez efficace pour l'hydrofuger ou le renforcer.

Dans ce cas on peut utiliser à la fois de la chaux et du ciment. Cela coûte davantage et prend plus de temps d'ajouter deux stabilisants, mais cela peut être la seule façon de construire la maison.

En général on utilise des quantités égales de chaux et de ciment. On ajoute toujours **la chaux en premier**. Puis de l'eau, pour mouiller le mélange, que l'on recouvre ensuite et qu'on laisse reposer un à deux jours. Après cela le matériau sera gâché soigneusement pour briser les

mottes, et l'on ajoutera le ciment et la quantité d'eau voulue pour obtenir l'humidité correcte. Après l'avoir soigneusement mélangé, on utilise le matériau immédiatement avant que le ciment ne prenne. La cure est analogue à celle du ciment.

5. **Asphalte.** — Un autre stabilisant qui a donné de bons résultats pour les maisons de terre est l'asphalte. Aux Etats-Unis on fabrique des asphaltes spéciaux pour cet usage, mais les qualités ordinaires peuvent faire l'affaire. A Babylone, on s'est servi, il y a des millénaires, d'asphalte naturel pour stabiliser les blocs de terre. En général son utilisation est limitée aux sols qui sont mélangés à beaucoup d'eau, l'adobe par exemple. Il est plus difficile de le mélanger à la terre simplement humide dont on fait les parpaings comprimés et la terre damée. Il est inutilisable avec les sols argileux auxquels il ne se mélange pas.

L'asphalte naturel est trop visqueux pour que l'on puisse l'ajouter à la terre sans le chauffer, aussi on le mélange souvent à des produits destinés à le rendre plus fluide et plus facile à utiliser. Si ce produit est de l'eau, on a une **émulsion d'asphalte**. Ces émulsions conviennent le mieux pour la construction en terre, car elles se manipulent sans danger et sont faciles à mélanger à la terre. Quand on les additionne au sol, elles se séparent en asphalte et eau, l'asphalte formant un film à la surface des grains. Si cette séparation se fait rapidement, on a une émulsion à floculation rapide, qui ne convient pas pour la construction en terre car la séparation risque de se faire avant que le mélange ne soit terminé. Les émulsions à floculation lente sont idéales (si l'on ne peut disposer d'une émulsion spéciale pour la construction en terre, on prendra une émulsion ordinaire, à condition de vérifier que c'est une émulsion à floculation lente.

D'autres types d'asphalte sont les « cut-back » (bitume fluxé). Ce sont des asphaltes mélangés, pour les fluidifier, à de l'essence, du pétrole, etc., pour pouvoir s'en servir à froid. Ils sont utilisables avec la terre, mais moins bons que les émulsions. Après avoir traité le sol avec un asphalte « cut-back » il faut l'étaler, pour permettre à la plus grande partie de l'essence ou du pétrole de s'évaporer, avant de faire des blocs. Les cut-backs peuvent s'enflammer si l'on approche une flamme nue.

Comme l'asphalte est en réalité une huile très épaisse, il « graisse » les particules du sol et lui fait perdre une partie de sa résistance à sec, au moins pendant quelques années, soit le temps que l'asphalte durcisse. L'asphalte rend les particules hydrofuges, et empêche l'humidité de diminuer la résistance du sol.

Il faut se rappeler qu'il est très difficile d'utiliser l'asphalte si le sol contient beaucoup d'argile. C'est avec les sols convenant pour l'adobe qu'il est le meilleur.

6. **Paille.** — On a souvent utilisé la paille dans les briques d'adobe, ainsi que des matériaux tels que l'écorce, les copeaux, le chanvre et autres fibres résistantes. Le seul dont l'usage soit fréquent est la paille, encore que certains peuples aient obtenu de bons résultats avec les copeaux de bois.

La paille ne réagit d'aucune manière avec le sol. Son éventuel effet est de diminuer un peu la résistance du bloc sec, et de faciliter un peu l'absorption de l'eau. La paille crée des canaux par où l'eau se trouvant dans le bloc peut sortir plus facilement au cours du vieillissement du bloc. Pour les sols argileux en particulier, ceci diminue les fissures qui se produisent pendant cette période, au cours de laquelle la paille et les autres fibres augmentent en outre la résistance des briques d'adobe **humides**.

Bien que la plupart des vieilles maisons en adobe contiennent de la paille, les constructeurs modernes ne l'utilisent pas. Elle peut cependant n'être pas dépourvue d'intérêt quand le sol est un peu trop argileux et que l'on n'a aucun autre moyen de le stabiliser.

7. Combinaison de cendres volantes et de chaux. — Les cendres volantes sont la fine poussière produite par la combustion de la houille, du coke, du lignite et d'autres combustibles solides. Si l'on se trouve près d'une usine qui utilise ces combustibles et conserve les cendres, on obtiendra un très bon stabilisant économique si on a de la chaux à lui mélanger. La cendre volante et la chaux donnent ensemble un ciment presque aussi bon que le ciment Portland. Le mélange peut être utilisé tant pour les sols sableux que pour les sols argileux.

Pour utiliser les cendres volantes et la chaux en mélange, on prend environ 2 à 4 fois plus de cendre que de chaux. Par exemple, pour un seau de chaux, prendre 2 à 4 seaux de cendre. La seule façon de savoir s'il faut en prendre 2, 4 ou un chiffre intermédiaire, est de faire des blocs d'essai. Comme en général la chaux est plus chère que la cendre, on cherchera à utiliser autant de cendre que possible, sans que la solidité des murs en souffre.

8. Silicate de soude. — On le trouve dans beaucoup de régions du monde, et il n'est pas cher lorsqu'on l'achète en gros. C'est avec les sols sableux tels que sables argileux et sables limoneux, qu'il est le meilleur. Il ne stabilise pas bien les argiles.

La meilleure façon d'utiliser le silicate de soude est d'en revêtir l'extérieur des blocs de terre de façon à former autour d'eux une pellicule dure de sol stabilisé. (Pour les murs qui ne sont pas montés avec des blocs, comme ceux en terre damée, voir au chapitre 4.) Pour cela mélanger une partie de silicate de soude commercial avec trois parties d'eau propre. Tremper les blocs dans la solution pendant environ une minute. Lorsqu'on les enlève il reste du liquide sur la surface. Avec une brosse dure on le fera pénétrer dans les blocs. On recommencera cette opération avant de faire sécher les blocs à l'air, dans un endroit abrité, pendant au moins sept jours, avant de les utiliser.

On peut faciliter la pénétration de la solution visqueuse de silicate de sodium dans le bloc en ajoutant une très petite quantité d'un produit chimique tensio-actif. Il existe environ 1 500 produits de ce type que l'on classe en quatre catégories : amphotères, anioniques, cationiques, non-ioniques, et qui renferment des corps tels que les polyoxyéthylène-

arylethers, le dodecyl-benzène sulfoné, des amines, etc... ; cependant divers détergents courants sont aussi efficaces que ces produits.

Il y a beaucoup d'autres stabilisants qui ont donné de bons résultats avec certains sols. Comme il y a eu peu de choses écrites au sujet de leur utilisation dans la construction en terre nous n'en disons que quelques mots. Mais n'hésitez pas à les essayer si vous en disposez. En fait, si vous avez quelqu'autre produit que vous pensiez devoir être un bon stabilisant, essayez-le. Quelques fois les rebuts dont certains se débarrassent font de bons stabilisants.

9. Liqueur de sulfite. — C'est un rebut de certaines fabriques de papier. C'est essentiellement un produit hydrofuge, et l'on ne doit pas s'attendre à ce qu'il augmente la résistance du sol sec. Certains types de solutions de sulfite réagissent très bien avec les sols, d'autres ont un effet défavorable. On ne le saura pas avant d'avoir essayé avec le sol que l'on a. La quantité de liqueur à utiliser dépend de l'usine dont elle provient, aussi faut-il essayer diverses proportions et choisir soi-même la meilleure.

10. Aliquat H 226. — C'est un produit chimique spécial (ammonium quaternaire) fabriqué aux Etats-Unis mais vendu dans d'autres régions. Il est expédié sous forme d'une liquide très visqueux qu'il faut mélanger à de l'eau chaude avant de l'ajouter au sol. Le fabricant vous donnera les instructions d'emploi. Bien qu'il soit cher, il imperméabilise efficacement les limons et argiles après que la terre a été séchée à l'air. Il est bon de l'utiliser, pour les blocs de la rangée la plus proche du sol, si les blocs n'ont pas subi avec succès l'essai d'absorption.

11. Cendre de bois. — Dans certains pays, les cendres de bois ont été utilisées comme stabilisant avec beaucoup de succès. C'est sans doute en réalité la chaux ou le calcium qu'elles contiennent qui produisent cet effet. Comme pour la liqueur de sulfite, certaines cendres peuvent au contraire avoir un effet défavorable, aussi faut-il faire l'essai avec le sol. La quantité convenable dépend de la nature du bois et de la façon dont la combustion a été menée. Les cendres fines et blanches de bois dur complètement consumé semblent les meilleures.

12. Résines. — Elles sont extraites de la sève des arbres. Elles peuvent être de très bons produits hydrofuges, mais n'ajouteront sans doute pas grand-chose à la résistance du sol sec. Certaines sont difficiles à mettre en œuvre car elles sont insolubles dans l'eau. Le mieux est de demander au fabricant de ces résines la meilleure façon de les utiliser.

13. Huile de coco. — Elle a également été utilisée comme produit hydrofuge. Elle n'augmente pas la cohésion, mais accroît vraisemblablement la résistance du sol humide.

14. Acide tannique.

15. Feuilles de bananier pourries.

16. Urine de bétail.
17. Bouse de vache.
18. Mélasses.
19. Gomme arabique.
20. Sève de différentes plantes.

Comment savoir si un stabilisant sera efficace

Il existe tellement de sols différents qu'on ne peut dire à priori si un stabilisant donné sera bon pour un sol donné. Au tableau I, et au début du présent chapitre, nous avons donné quelques indications sur les stabilisants qui conviennent avec les différents types de sols. Mais la seule façon de savoir lequel est le meilleur est de faire l'essai sur le sol que l'on a. On fait des blocs-échantillons et on les essaye comme il est dit au chapitre II. N'utilisez pas de stabilisants chers si vous disposez d'autres plus économiques, et que les essais montrent que ces derniers donnent le résultat recherché.

Que peut-on attendre des stabilisants

On demande aux stabilisants d'augmenter la résistance du sol sec ou humide ; de diminuer l'absorption d'eau ; et d'empêcher les projections d'eau ou la pluie de faire « fondre » le sol. Certains stabilisants ne remplissent qu'un ou deux de ces rôles, quelques-uns les remplissent tous.

C'est ainsi que le ciment Portland et la chaux peuvent ne pas réduire l'absorption, mais cela n'a pas d'importance pour autant que la résistance du sol humide est élevée.

Quelques stabilisants du type hydrofuge peuvent en fait réduire la résistance du sol sec, mais ils augmentent fortement celle du sol humide, et diminuent la quantité d'eau absorbée. Ce sont, bien entendu, souvent les meilleurs dans les climats humides.

Certains stabilisants, dont la chaux est un exemple, peuvent faire diminuer légèrement le poids du parpaing ou du bloc de terre damée. Mais il ne faut pas s'en inquiéter car cela n'a pas de conséquence quant à la résistance du sol.

Pour d'autres stabilisants, dont la chaux est également un bon exemple, la teneur en eau qui convient le mieux pour le compactage peut se trouver modifiée. En général les sols stabilisés à la chaux demandent plus d'eau qu'auparavant. Il est probable que ceci restera inaperçu si l'on ne mesure pas avec précision la quantité d'eau utilisée. On peut toujours utiliser l'essai simple, qui est décrit par ailleurs, pour

déterminer si le sol stabilisé que l'on va damer ou comprimer possède la teneur en eau optimale.

Les sols stabilisés doivent être traités de façon spéciale

Certains stabilisants demandent un traitement spécial sous peine d'être inefficaces. Qu'on se reporte à ce qui a été dit plus haut, à savoir que le ciment Portland et la chaux doivent subir une cure humide d'au moins sept jours si l'on veut qu'ils durcissent. Ceci est vrai de presque tous les stabilisants de liaison.

La plupart des stabilisants hydrofuges ne sont efficaces que si le sol a été séché complètement auparavant. Ceci ne pose pas de problème particulier, car de toute façon on fait sécher les blocs quand on les laisse vieillir au soleil.

Pour de nombreux stabilisants, la cure commence après le moulage. Mais, avec les émulsions d'asphalte, une partie au moins du processus doit s'effectuer pendant que le sol est encore pulvérulent, **sauf si l'on fait des briques d'adobe**. Pour la terre battue et les parpaings comprimés, étaler la terre au soleil pour la cure. Il n'existe pas de règle sûre pour savoir au bout de combien de temps on peut commencer à utiliser ces sols, et il faut le découvrir par expérience. Si l'on peut damer ou comprimer le sol sans qu'il ne paraisse spongieux ni ne se soulève autour de la dame, c'est qu'il est prêt à être utilisé.

Les asphaltes « cut-back » — ceux qui contiennent du pétrole, de l'essence, etc... — sont lents à vieillir. Il peut s'écouler plusieurs jours avant que le sol ne soit prêt à être mis en forme de parpaings ou de murs de terre.

Aucun stabilisant n'est bon s'il n'est pas en contact avec chaque particule du sol. Bien le mélanger à la terre.

Combien de stabilisant faut-il utiliser ?

Ici encore, il est impossible de dire avec une quelconque précision combien en utiliser. Cela dépend du type de sol que l'on a, et de l'effet que l'on veut obtenir du stabilisant.

Parfois il faudra beaucoup de stabilisant — particulièrement avec les sols très sableux ou très argileux.

Il se peut qu'un sol convienne à tous égards à l'exception d'un seul, par exemple l'absorption d'eau qui est excessive. Dans ce cas on peut sans doute se contenter d'une très faible quantité de stabilisant. Un sol qui ne satisfait à aucune condition, ou à une seule, exigera plus de stabilisant.

De la sorte, on voit que la seule façon de connaître la quantité de

stabilisant nécessaire est de faire des blocs échantillons et de les essayer. On préparera trois jeux de 7 blocs chacun. Si l'on utilise du ciment Portland, les teneurs d'essai pourront varier entre 4 et 12 %, et pour la chaux entre 2 et 6 %.

Chaque jeu d'essai doit contenir une teneur de stabilisant différente, celle-ci allant de la plus faible qui pourrait peut-être suffire à la plus élevée que l'on puisse financièrement admettre. On essaiera les blocs et on choisira la plus faible teneur de celles qui donnent des blocs assez bons pour satisfaire aux conditions fixées au tableau III.

Lorsque l'on aura défini la teneur exacte de stabilisant nécessaire, il faudra encore tenir compte d'un autre facteur. Pour les blocs d'essai on utilise une faible quantité de terre et il est facile d'obtenir un bon mélange. Pendant la construction réelle de la maison, les travailleurs auront affaire à des quantités très supérieures qui ne seront pas si faciles à mélanger. La meilleure façon d'en tenir compte est de mettre un peu plus de stabilisant.

Tout ceci semble nécessiter un important travail de préparation et d'essai. C'est en effet le cas, mais connaître la meilleure façon de procéder vaut le temps et les efforts qu'on y consacre. Si cela prend deux mois, qu'on se rappelle que cela le mérite. Si vous faites du bon travail, vos petits-enfants auront encore pour y vivre une maison en bon état.

CHAPITRE IV

OU CONSTRUIRE

Il faut construire la maison sur un bon emplacement. Le terrain devrait être assez vaste, pour qu'il y ait de la place non seulement pour la maison, mais aussi pour une cour et un jardin. On doit pouvoir trouver sur la propriété ou dans son voisinage une grande quantité de terre utilisable. Il existe d'autres facteurs importants :

Le terrain doit être bien drainé. L'eau stagnante et les sols boueux sont très préjudiciables aux maisons de terre. Si l'eau y stagne après de fortes pluies, le terrain ne pourra convenir que si l'on peut creuser des tranchées ou des caniveaux pour évacuer l'eau rapidement. La figure 19 a représente un bon endroit, la figure 19 b un mauvais.

L'emplacement devrait également être à proximité des routes, des marchés et du lieu de travail du propriétaire.

D'ordinaire, les anciens emplacements de maison sont bons car le sol s'est stabilisé de lui-même ou s'est tassé sous le poids de l'ancienne maison.

NIVELLEMENT DU TERRAIN. — Débarrasser le terrain des broussailles et végétations indésirables avant de commencer la construction. Il faut enlever de la surface qu'occupera la maison toute la végétation et toute la couche superficielle de sol organique. On enlèvera également les matériaux spongieux ou mous jusqu'à ce qu'on atteigne un sol sain et solide. On ménagera assez d'espace autour des contours de la maison pour pouvoir y travailler. On conservera les plantes qui pourront servir d'ornement après la construction de la maison.

Après avoir repéré l'emplacement de la maison sur le terrain, on matérialisera ses limites à l'aide de cordes clouées sur des jalons. Puis on nivelera le sol à l'intérieur de ces cordes (voir figure 20). Les dépressions du terrain seront comblées à l'aide de terre prise sur les bosses voisines, à condition qu'il s'agisse d'un sol de bonne qualité, qui ne se laisse pas entraîner par l'eau. **Tout matériau de remplissage utilisé à l'intérieur des cordes doit être fortement tassé à l'aide d'une dame à main de façon à obtenir de bonnes fondations.** Sinon l'affaissement

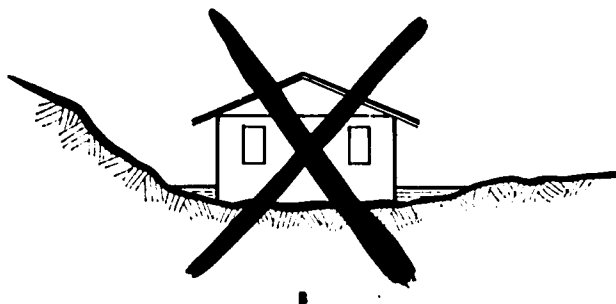
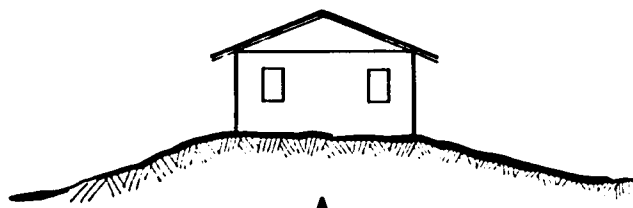


FIG. 19

de ce matériau pourrait provoquer des fissures dans les murs. La terre que cette opération laissera en excès sera mise de côté si on peut l'utiliser pour la construction.

REPÉRAGE DU NIVEAU ZÉRO. — Avant de fixer les limites définitives de la maison, il faut niveler soigneusement et repérer avec précision le niveau de base.

Ceci se réalise facilement en plantant des jalons dans le sol. On en enfonce tout d'abord un au niveau désiré, on le protège en l'entourant d'autres piquets, puis on plante d'autres jalons, autour des contours approximatifs de la maison, jusqu'à exactement le même niveau que le premier. Il y a deux moyens pour ce faire.

Pour déterminer la hauteur correcte des jalons, on utilisera si possible un niveau d'arpenteur, en visant avec soin les sommets de ces jalons (pour plus de commodité, dans ce cas, on laissera les sommets des jalons un peu plus haut que le niveau du sol ; celui-ci sera donc à une distance déterminée au-dessous du sommet).

Si l'on n'a pas de niveau d'arpenteur, on pourra tout aussi bien

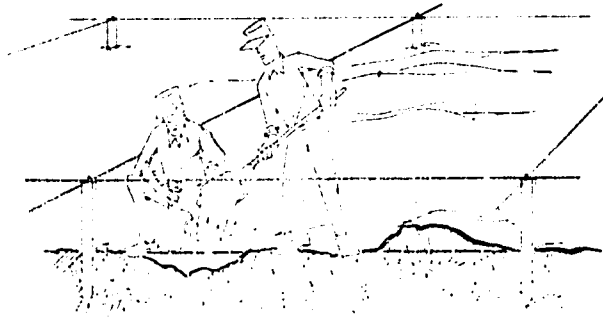


FIG. 20

utiliser un tuyau d'eau en plastique transparent ou translucide, que l'on remplit complètement d'eau, sauf sur 30 cm. En réglant le niveau de l'eau à un bout à la hauteur exacte repérée par le jalon de référence, on pourra enfoncer les autres jalons à la profondeur voulue en comparant la hauteur de leur sommet avec le niveau à l'autre bout du tuyau. La figure 21 décrit ce procédé.

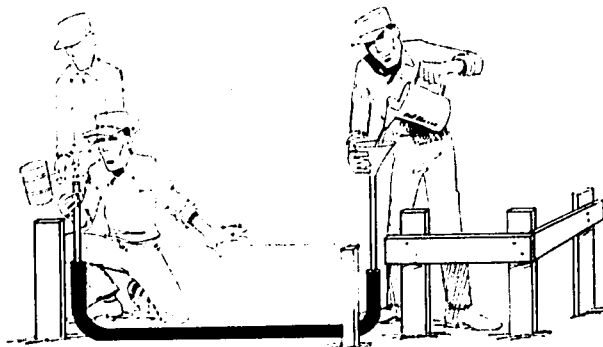


FIG. 21

En enfonçant le premier jalon dans le sol au point que l'on juge être le plus haut du terrain, tous les autres dépasseront un peu plus du sol. S'il arrive que le jalon de référence soit plus bas que le niveau du sol à d'autres points du jalonnage du terrain, on plantera un autre jalon à côté du premier en le laissant dépasser assez pour permettre des mesures ultérieures. Par exemple on le laissera à 30 cm au-dessus du jalon de référence. Puis on enfonce les autres jalons à la même hauteur. On fixera le niveau de référence à 30 cm au-dessous du sommet de ces jalons, ou bien de telle façon que le coin le plus bas soit au-dessus de ce niveau.

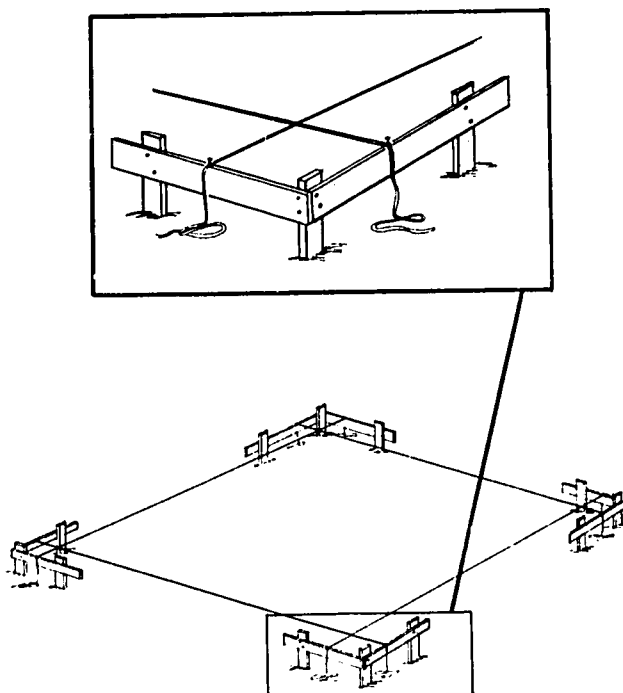


FIG. 22

Le tuyau d'eau peut également être utile pendant d'autres phases de la construction. C'est un moyen précis de repérer les autres niveaux ou cotes. Il est commode pour trouver la bonne hauteur des semelles et murs de fondation, pour vérifier si les parpaings sont de niveau, et même pour vérifier la rangée supérieure avant la mise en place du toit.

Il est recommandé de boucher les extrémités du tuyau avec un bouchon ou tampon, quand on ne s'en sert pas, pour empêcher l'eau de s'écouler.

IMPLANTATION DU BATIMENT. — L'étape suivante consiste à repérer sur le terrain les emplacements exacts des murs extérieurs. Les formes et dimensions sont données par les plans. Penser à l'orientation que l'on veut donner à la maison. Un architecte peut être utile. Tenir compte de choses telles que : vents dominants, direction du soleil, esthétique, distance à la route et aux limites de la propriété, etc...

Une fois que l'emplacement est choisi, il faut mettre en place les chaises. Les planches utilisées (fig. 22) doivent avoir au moins 1,50 m de long, pour qu'on puisse faire les réglages une fois qu'elles sont plantées dans le sol. On placera un jeu de chaises à **chaque** coin des murs extérieurs de la maison. Au coin où le sol est le plus haut, les planches

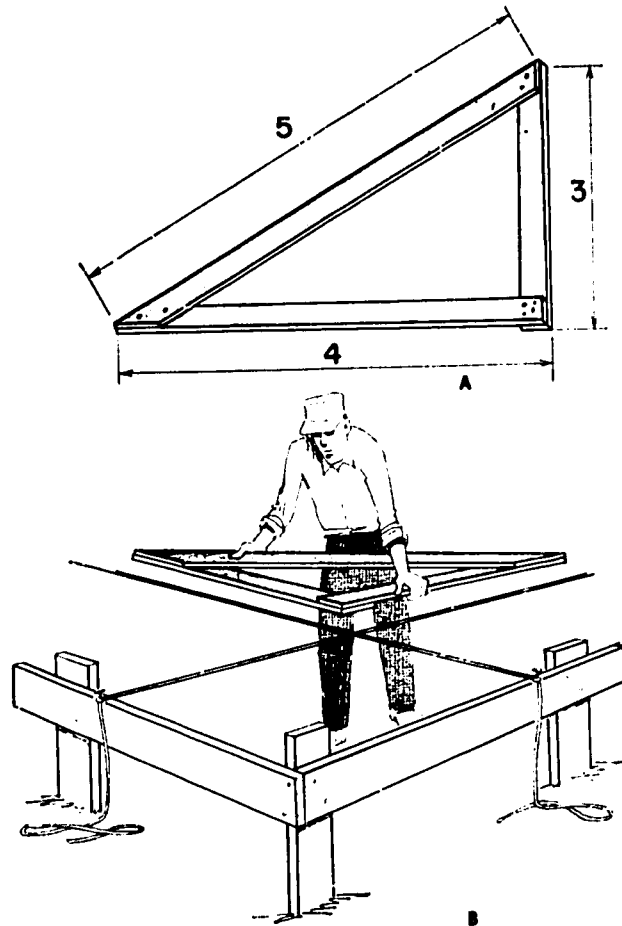


FIG. 23

devront dépasser de 50 cm. Celles des autres coins doivent être au même niveau (donc plus haut au-dessus du sol). Elles doivent être assez solides pour supporter les cordes tendues qui délimitent, de l'une à l'autre, les murs de la maison.

Il est facile d'obtenir des coins à angle droit, et de le vérifier.

Pour fabriquer une équerre, on prend trois planches de longueur respective 3,4 et 5 unités, et on les cloue comme indiqué à la figure 23 A. L'angle entre le côté de longueur 3 et celui de longueur 4 est un angle de 90 degrés ou angle droit. En alignant les cordes le long de ces côtés, comme le montre la figure 23 B, on mettra correctement en place deux côtés de la maison.

Pour commencer l'implantation de la maison, on doit planter un

jalons à environ un mètre à l'intérieur d'un des jeux de chaises pour matérialiser le premier coin extérieur. On dispose correctement l'équerre sur ce jalon, et toutes les cotes partent de ce point. Le jalon doit être juste au-dessous du point où les cordes se croisent sur la figure 23 B.

On tend les cordes entre les chaises pour fixer la direction et la longueur des côtés des murs. On continue le processus de mesure et de report d'angle droit autour de la maison jusqu'à ce qu'on soit revenu au point de départ.

Si le contour de la maison a la forme d'un carré ou d'un rectangle, on peut vérifier l'alignement en mesurant les diagonales, c'est-à-dire la distance entre les coins opposés. Si le tracé est correct, et donc les coins à angle droit, les deux diagonales sont exactement de même longueur. Sinon on devra faire des corrections en déplaçant les extrémités des cordes sur les chaises. Ces diagonales sont indiquées en trait gras sur la figure 24.

Même si l'on n'a pas d'équerre, on peut faire un tracé correct. Pour cela on piquète deux angles de la maison, séparés de la distance prévue, ce qui donne un côté de la maison, dans la direction choisie. Puis, aussi bien qu'on peut le faire à vue d'œil, on trace avec deux cordes les deux côtés issus de celui que l'on vient de matérialiser, côtés que l'on mettra à la bonne longueur. Puis on compare les diagonales. Si elles ne sont pas exactement égales on déplacera les deux derniers coins obtenus jusqu'à ce qu'elles le soient. De cette façon on sera sûr d'avoir un carré ou un rectangle exact.

Il vaut mieux utiliser plus d'un jeu de cordes pour matérialiser le tracé du bâtiment. Le premier jeu sert pour l'extérieur des murs du bâtiment. Cependant, les limites des fouilles de semelles et du mur de fondation (dont on parle au prochain chapitre) se trouvent normalement à l'extérieur des murs. Dans ce cas, on peut utiliser un jeu supplémentaire à l'extérieur des premières pour fixer les limites de la tranchée à creuser.

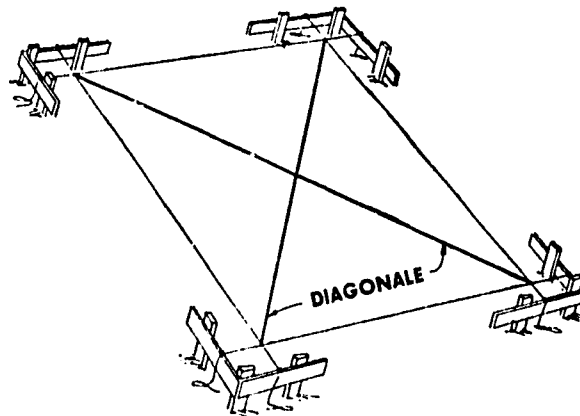


FIG. 24

Une fois que les cordes pour les fouilles ont été mises en place, on devra tracer convenablement sur le sol les limites de ces fouilles, de sorte que les ouvriers puissent creuser bien en ligne. Ceci peut se faire en plantant des piquets comme guides au-dessous de la corde qui indique la limite, ou en traçant à la chaux une mince ligne sous celle-ci. Dans les deux cas on enlèvera la corde qui délimite la fouille pendant l'exécution de celle-ci, afin qu'elle ne soit pas cassée par les ouvriers. Repérer soigneusement la position des cordes sur les chaises, de façon à pouvoir les remettre exactement à la même place une fois que les fondations sont creusées.

DRAINAGE. — Si l'on doit construire la maison sur un terrain à peu près plat, il faut songer à drainer l'eau hors de l'emplacement de la maison. Toute rigole qui traverse le lieu de construction doit être détournée en creusant un caniveau qui s'écarte de la maison, et en comblant l'ancien lit avec de la terre tassée. Il est également important que le niveau du sol juste autour de l'emplacement de la maison soit plus haut que le reste du terrain, de façon que l'eau soit maintenue à l'écart du bâtiment. Il peut être nécessaire de creuser un canal ou un fossé jusqu'à plusieurs mètres des fondations pour drainer l'eau des fortes pluies.

CHAPITRE V

LES FONDATIONS

Les fondations sont la partie du bâtiment qui se trouve au-dessous du niveau du sol, et sur laquelle repose la maison. De bonnes fondations éviteront à la maison d'être endommagée ou déformée par l'affaissement du terrain, les vents violents, ou le gel. Une bonne maison doit avoir de bonnes fondations ; c'est la partie la plus importante de la maison.

TYPES DE FONDATIONS. — Les fondations des bâtiments peuvent être formées par des puits ou semelles de fondation séparés, qui supportent le poids de la maison par l'intermédiaire de grosses poutres qui y prennent appui, ou par des semelles de fondation continues qui s'étendent sous toute la longueur des murs extérieurs et les cloisons intérieures qui supportent des charges. Pour les murs de terre, on utilise plus couramment les semelles continues. Un mur de fondation est monté sur une semelle qui lui sert d'appui, lui-même portant les murs. La figure 25 montre une semelle et mur de fondation typiques. Ces structures n'exigent pas toutes une armature d'acier.

SEMELLES. — Les semelles servent à trois choses :

- 1) Fournir une base solide et de niveau pour les murs de fondation ;
- 2) Répartir le poids de la maison sur le sol de façon que la charge ne dépasse en aucun point la résistance du sol ;
- 3) Résister à l'effet de soulèvement produit par les ouragans, lesquels peuvent renverser une maison ou la déplacer de ses fondations.

La taille et la profondeur des semelles dépend : du type de matériau utilisé pour les faire ; du poids qu'elles doivent supporter ; de la résistance du sol et, dans une certaine mesure, des conditions climatiques de la région.

PROFONDEUR DES SEMELLES. — Dans les régions soumises au gel, les semelles doivent être à une profondeur au moins égale à celle que le gel est susceptible d'atteindre. Sinon la semelle se déplacera et fera fissurer la maison pendant ou après le gel. On a représenté, sur les

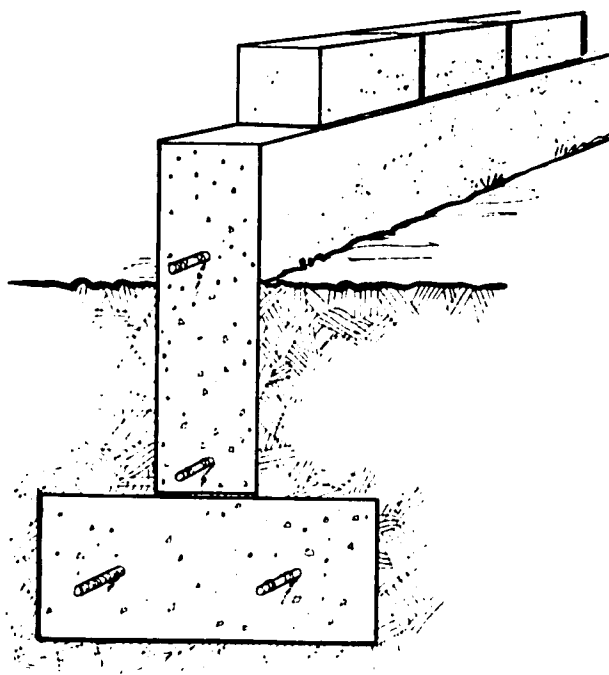


FIG. 25

figures 26 A et 26 B la profondeur atteinte par le gel par une ligne en tireté gras. La figure 26 B montre ce qui peut se produire si la semelle n'est pas assez profonde. Si l'on n'a aucun autre moyen de déterminer cette profondeur, on peut l'estimer grossièrement, d'après la difficulté qu'il y a à creuser au cours des hivers longs et rudes. On peut voir des lentilles de glace dans le sol. La semelle doit se trouver en dessous de l'endroit où l'on trouve de la glace.

Dans les climats plus chauds, il faut que la semelle soit assez profonde pour atteindre la bonne terre saine, exempte de végétation (racines, etc...) et pour éviter d'être érodée ou déplacée par la pluie ou les inondations. En général cette profondeur est comprise entre 30 et 50 cm. Il existe une exception, c'est lorsque le sol se contracte et se dilate fortement pendant les alternances de sécheresse et d'humidité annuelles. Dans ce cas la semelle doit descendre à la profondeur où les variations saisonnières d'humidité deviennent insignifiantes. Celle-ci peut être parfois estimée d'après l'aspect du sol, qui est généralement très granulé dans la partie où l'humidité varie périodiquement, et présente un aspect plus compact en-dessous.

La façon la meilleure et la plus aisée de trouver la profondeur convenable est d'examiner quelle profondeur on a utilisée pour des constructions analogues de la région. Si ces maisons se comportent bien,

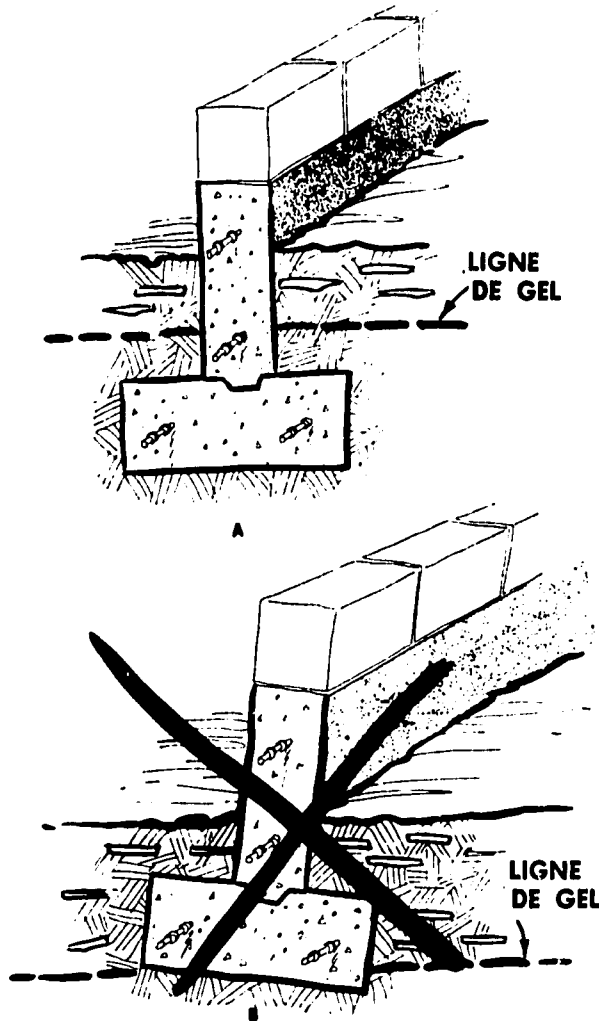


FIG. 26

ne présentent ni affaissement ni fissures, la profondeur qui a été utilisée vaudra pour la nouvelle maison. En cas de doute, descendre plus bas.

TAILLE DE LA SEMELLE. — La taille de la semelle dépend de la résistance du sol et du poids de la maison. En règle générale, on ne devra pas charger les argiles et limons superficiels à plus de 10 tonnes par mètre carré de semelle, tandis que pour les sables et graviers fermes on peut aller jusqu'à 20 ou 30 tonnes par mètre carré.

S'il se pose un problème au sujet de la qualité du sol, on doit

faire un essai de résistance, tel que celui de l'annexe A, que l'on utilisera si l'on peut. Sinon on pourra très généralement estimer la résistance à l'aide de l'« essai simplifié de résistance » indiqué à l'annexe A.

Une fois connue la capacité de charge du sol, et calculé le poids de la maison, on peut facilement obtenir la largeur et l'épaisseur de la semelle au moyen du tableau 4.

Les dimensions données dans le tableau 4 peuvent être modifiées quelque peu compte tenu de l'expérience locale, mais il ne faut pas diminuer les chiffres qui conviennent. Le bâtiment de la figure 27 montre l'effet d'une insuffisance de fondation sur un mur de terre.

MATÉRIAUX POUR LES SEMELLES. — Comme les semelles sont enterrées, il faut qu'elles soient faites en matériaux résistant à la décomposition et aux insectes. On peut utiliser le béton, la pierre, la brique, les parpaings de béton et matériaux similaires. Récemment on a fait des semelles avec du sol stabilisé. Cependant elles ne sont pas en place depuis assez longtemps pour qu'on puisse en tirer des enseignements valables. Au point actuel de nos connaissances, il vaut mieux éviter d'utiliser du sol stabilisé pour les semelles, sauf dans les régions arides ou semi-arides.

SEMELLES DE BÉTON. — Les semelles en béton coulé sont les plus communes, car elles sont facile à faire et conviennent très bien ; cependant ce sont sans doute les plus chères. En général on n'a pas besoin de coffrage, car on peut creuser une tranchée à la profondeur et la largeur de la semelle et y couler le béton directement jusqu'à obtenir l'épaisseur désirée (voir figure 28). Si le sol est sableux, et que les parois risquent de glisser ou de s'effondrer, on peut utiliser des banches simples afin d'être sûr que la semelle a la largeur voulue et que la terre



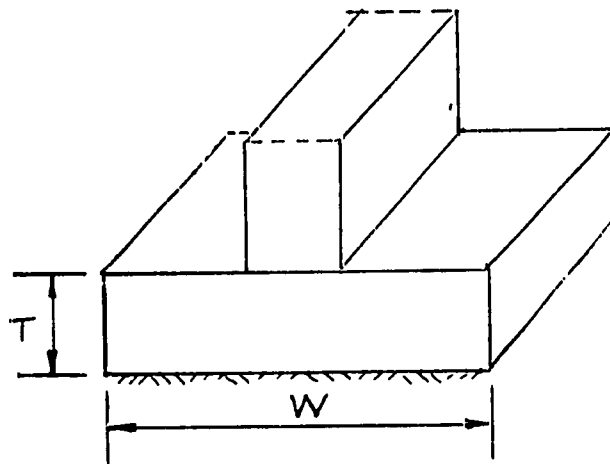
27. *Un effondrement du sol a provoqué la cassure du mur de fondation et du mur d'adobe de ce grand bâtiment.*

TABLEAU 4
LARGEUR ET EPAISSEUR DES SEMELLES DE FONDATION
POUR LES SOLS DE FONDATION ARGILEUX

Si la résistance du sol est →	A		B		C		D		E		F	
	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E	L	E
les largeurs et épaisseurs doivent être (en cm)												
TYPE DE BATIMENT												
1 niveau ; murs de 15 cm ; toit léger	45	18	30	20	30	20	30	20	30	20	30	20
1 niveau ; murs de 15 cm ; toit de terre	67	20	38	23	30	25	30	25	30	25	30	25
1 niveau ; murs de 23 cm ; toit léger												
1 niveau ; murs de 23 cm ; toit de terre	90	20	45	23	30	28	30	28	30	28	30	28
1 niveau ; murs de 30 cm ; toit léger												
1 niveau ; murs de 30 cm ; toit de terre	90	20	45	25	30	30	30	30	30	30	30	30
1 niveau ; murs de 38 cm ; toit léger	90	22	52	25	38	30	38	30	38	30	38	30
1 niveau ; murs de 38 cm ; toit de terre	90	23	60	25	45	28	38	30	38	30	38	30
2 niveaux ; murs de 23 et 15 cm ; toit léger	90	23	60	25	45	28	38	30	38	30	38	30
2 niveaux ; murs de 23 et 15 cm ; toit de terre	non *		68	23	52	28	45	30	38	30	30	30
2 niveaux ; murs de 30 et 23 cm ; toit léger	non		75	23	60	25	45	30	38	33	38	33
2 niveaux ; murs de 30 et 23 cm ; toit de terre	non		83	23	60	28	52	28	45	30	38	33
2 niveaux ; murs de 38 et 30 cm ; toit léger	non		90	25	68	28	60	30	45	33	45	33
2 niveaux ; murs de 38 et 30 cm ; toit de terre	non		non *		75	25	68	28	52	33	45	35
2 niveaux ; murs de 45 et 38 cm ; toit de terre	non		non		90	28	75	30	60	33	52	35
2 niveaux ; murs de 45 et 38 cm ; toit de terre	non		non		90	28	85	30	68	33	60	33

* Ne pas construire sur un sol aussi peu résistant.

BATIR EN TERRE



Voir tableau 4

ne tombera pas dans le béton fraîchement coulé. Ces banches sont formées de panneaux, d'une largeur égale à la profondeur de la semelle, calés en place par suffisamment de piquets de bois pour qu'ils ne se déplacent ni ne fléchissent. **Il faut toujours enlever le coffrage**, mais au plus tard 48 heures après la coulée du béton. Il vaut mieux, pendant quelques jours, laisser durcir le béton en le maintenant humide grâce à des sacs, des feuilles mouillées, etc...

Lorsque l'on creuse pour couler les semelles, il vaut toujours mieux aller trop profond que trop peu. Si le trou est trop profond on peut combler la différence avec un peu plus de béton, du sable ou de la terre, mais on devra damer le sable ou la terre et non les déverser simplement dans le trou.

Les semelles de béton ne nécessitent pas toujours une armature d'acier, mais un ferrailage léger permet de mieux résister aux fissurations provoquées par les changements de température. Dans certains cas le ferrailage est indispensable, par exemple dans les régions sujettes aux tremblements de terre et aux ouragans, celles où le sol gonfle, ainsi que lorsque la semelle dépasse latéralement du mur de fondation de plus des deux tiers de son épaisseur. Dans ces conditions il est conseillé d'avoir recours à un ingénieur ou un architecte comme conseil quant aux types, tailles et emplacement des fers de renforcement.

Le béton destiné aux semelles doit contenir assez d'eau pour pouvoir être coulé, mais pas trop, de crainte que le mortier ne s'en aille laissant uniquement les gros graviers. Un bon béton de semelle se fait avec :

- 1 partie de ciment Portland ;
- 3 parties de sable lavé ;
- 4 parties de gravier lavé ;

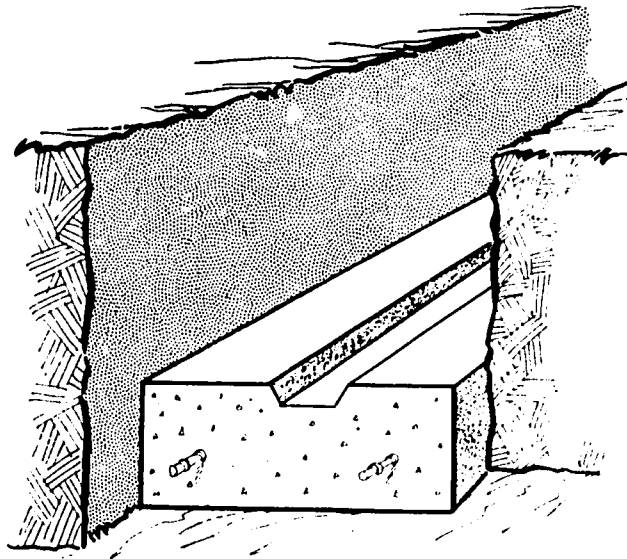


FIG. 28

— Environ 20 à 27 litres d'eau pour un sac de ciment de 94 livres (42 kg).

Une bonne façon d'estimer si la teneur en eau est convenable est de placer un peu du mélange dans un seau, et de le remuer environ 25 fois avec une tige de bois ou d'acier lisse. Puis on laisse tomber d'une hauteur de 15 cm au-dessus de la surface du mélange un caillou rond d'environ 10 cm de diamètre. S'il fait dans le béton une empreinte d'environ 3 cm, le béton contient à peu près la quantité d'eau convenable.

Si l'on utilise des fers d'armature, on les place dans le trou, **fixés de façon solide**, à la hauteur convenable, avant de couler le béton. On laissera la surface supérieure de la semelle très rugueuse de façon à obtenir une bonne liaison avec le mur de fondation. Il est généralement bon de laisser une rainure au centre de la semelle comme le montre la figure 28, de façon à réaliser un accrochage supplémentaire avec le mur de fondation, si la semelle est en béton. Si c'est possible, dans les régions sujettes aux tremblements de terre, on laissera dépasser quelque peu certains fers de façon qu'ils pénètrent dans le mur de fondation, et le fixent solidement à la semelle. Ceci exige généralement que l'on espace convenablement ces fers.

On peut parfois réduire considérablement la quantité de béton nécessaire aux fondations en plaçant de grosses pierres dans la tranchée et en versant le béton autour pour obtenir la semelle. Si les pierres sont grosses il est judicieux de faire une semelle un peu plus épaisse que les semelles normales en béton. En gros l'épaisseur doit être d'environ 1,5

fois la dimension des plus grosses pierres. Par exemple, si les pierres ont 20 cm, l'épaisseur sera de 30 cm.

SEMELLES EN MAÇONNERIE. — Les briques, agglomérés de béton ou moellons scellés au mortier font aussi de bonnes semelles. Avec les briques, les agglomérés de béton et autres matériaux de forme **régulière**, il est nécessaire de niveler soigneusement le fond de la tranchée, sinon le mur de fondation risquerait de ne pas être d'aplomb. On peut utiliser du sable damé pour niveler le fond, ou couler une mince couche de béton. Pour les semelles en moellons, il n'est pas nécessaire que la tranchée soit aussi bien nivelée, mais on doit faire attention à poser les pierres de façon que la surface finale, une fois recouverte d'une **mince** couche de mortier, soit de niveau. La figure 31 représente une semelle en moellons.

Les semelles en maçonnerie sont souvent moins chères à construire que celles en béton, car il y faut moins de ciment. Cependant elles sont plus difficiles et plus longues à jeter. Il est également difficile de les armer convenablement. C'est pourquoi on ne les recommande pas dans les régions sujettes aux ouragans ou vents violents, ni celles où le sol tend à gonfler.

Le mortier utilisé pour les semelles de maçonnerie ou de moellons doit être de bonne qualité, et ne pas se désagréger avec le temps. Le mélange suivant convient bien :

- 4 parties de ciment Portland ;
- 1 partie de chaux ;
- 12 parties de sable propre ;
- Assez d'eau propre pour qu'on puisse utiliser le mortier.

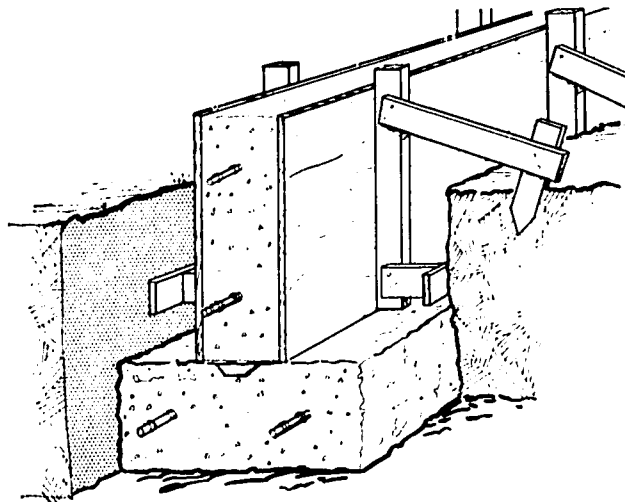


FIG. 29

Si l'on dispose de ciment de maçonnerie, prendre une partie de ciment, trois parties de sable, plus l'eau nécessaire.

MURS DE FONDATION. — Les murs de fondation, qui reposent sur les semelles, et portent les murs de la maison, doivent : être solides ; avoir une surface plane comme surface de départ du mur de terre ; être droits et de niveau.

Le béton coulé, les parpaings de béton, les briques cuites, les briques creuses en argile, ou les pierres scellées au mortier sont de bons matériaux pour les murs de fondation.

De nouveau, le meilleur, mais sans doute le plus cher, est le béton coulé. Dans les maisons sujettes aux tremblements de terre ou aux ouragans, et là où le sol gonfle beaucoup, il est préférable d'armer le mur de fondation comme on le fait pour la semelle. La quantité, la taille et l'écartement des fers doivent être fixés par un ingénieur ou architecte qualifié.

On peut également utiliser de la terre bien stabilisée, sous forme de parpaings ou de terre damée sur place. Comme on n'a que peu d'expérience de ces matériaux, il est recommandé de ne les utiliser que dans les régions peu pluvieuses, sur des emplacements où une pente suffisante permet d'éviter que l'eau ne stagne au voisinage des fondations.

TAILLE DES MURS DE FONDATION. — En construisant le mur de fondation, on doit considérer deux choses : l'épaisseur du mur et sa hauteur au-dessus du niveau du sol.

Les murs de fondation doivent être au moins aussi épais que les murs de terre qu'ils portent. Parfois ils sont plus épais, mais ce n'est le cas que lorsqu'ils supportent d'autres charges, par exemple des planchers intérieurs.

La hauteur du mur de fondation doit être telle que les éclaboussures de pluies n'atteignent pas les blocs de terre, ce qui les érode. Cette hauteur dépend de la quantité d'eau qui tombe par an, et de la largeur sur laquelle le toit débord. Dans les pays secs (moins de 450 mm de plus par an), avec un toit débordant largement, la hauteur doit être de 25 cm au-dessus de la surface du sol. Dans les régions pluvieuses, et si le toit débord peu, elle doit être de 55 cm, et 35 cm pour une pluviosité normale. Même si l'on utilise du stucco ou un autre revêtement de finition sur les murs de terre, les fondations doivent monter aux hauteurs indiquées.

MURS DE FONDATION EN BÉTON. — Si l'on utilise du béton pour construire les murs de fondation, on posera un coffrage pour maintenir le béton pendant qu'il durcit. Ce coffrage s'appuie directement sur le dessus de la semelle et doit être solidement ancré à l'aide de jambes de force dans les parois de la tranchée ou la surface du sol, afin d'éviter qu'il ne se déplace pendant la coulée du béton. Il doit également être assez épais et bien calé pour ne pas se déformer.

Des panneaux de bois de 35 à 50 mm d'épaisseur avec une cale tous les deux mètres environ, ou des planches assemblées par rainure

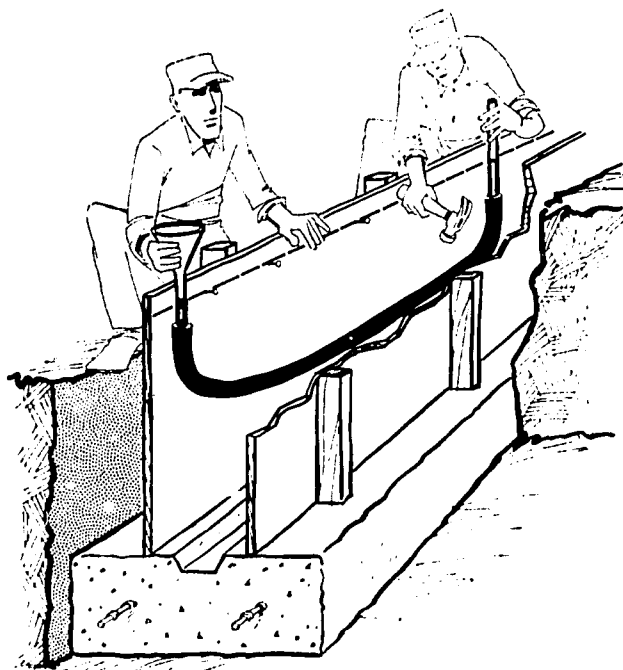


FIG. 30

et languette, de 25 mm d'épaisseur, avec une cale tous les 60 cm, conviennent bien. Avec du contreplaqué l'épaisseur convenable est de 15 à 20 mm. La figure 29 représente un coffrage typique. La fabrication du coffrage est un travail trompeur. On a toujours l'impression, pendant qu'on le construit, qu'il est trop solide et que c'est du gaspillage. Lorsqu'on a coulé le béton il est trop tard pour réparer la faute qu'on a commise en le faisant trop faible. Il est difficile, sinon impossible, de réparer un coffrage bombé. **N'essayez pas de faire des économies en construisant des coffrages trop légers.**

On placera soigneusement les banches dans la position correcte, puis on les calera, pour éviter tout déplacement, comme le montre la figure 29. Ceci fait, on marquera la limite supérieure du mur de fondation en plantant des clous et en traçant des lignes sur l'intérieur du coffrage. Ceci peut se faire avec précision à l'aide de la méthode du tuyau d'eau indiquée au chapitre III. La hauteur du mur doit être repérée tout autour de la maison comme le montre la figure 30.

Si l'on met des fers d'armature dans le mur de fondation, il est plus commode de placer d'abord un seul côté du coffrage (généralement le côté intérieur), puis de tracer sur la paroi de celui-ci la limite du mur, enfin de poser et de fixer entre eux tous les fers avant

de mettre en place la seconde paroi du coffrage. Ceci facilite l'alignement et la mise à hauteur correcte des fers.

Une fois que le coffrage est en place, et qu'on a vérifié son alignement et sa solidité, on balaye la semelle entre les banches, puis on l'arrose légèrement. Il est bon de laisser quelques petites ouvertures au bas du coffrage pour faciliter la sortie des balayures. Bien vérifier qu'on les a rebouchées avant de couler le béton. Pour empêcher le béton de coller aux banches, on mouillera celles-ci juste avant de couler le béton, ou, mieux encore, on les enduira d'huile fluide avant de les mettre en place.

Lorsqu'on a commencé la coulée du béton, il faut la poursuivre jusqu'à ce que tout le mur de fondation soit coulé. Sinon il y aura des raccords, ce qui n'est pas souhaitable.

On devra remuer le béton dans le coffrage avec une tige de bois ou d'acier, de façon à le compacter efficacement. Sinon il peut se former des poches d'air qui affaiblissent sensiblement le mur. Cette opération est importante pour l'ensemble du mur, mais plus spécialement du côté extérieur, car les trous apparents donnent un mauvais aspect. Le mélange pourra être le même que celui utilisé pour la semelle, encore qu'un peu plus d'eau facilite la coulée. On peut estimer cette facilité à l'aide de la méthode donnée plus haut à propos de semelles en béton. Si on l'utilise, on notera que la pierre doit ici donner dans le mélange une empreinte de 50 à 60 mm.

Le gravier du béton ne doit pas être trop gros, sinon il sera coincé entre les banches et les fers d'armature. Les plus gros cailloux devraient avoir un diamètre égal à environ la moitié de la distance entre les fers et la paroi du coffrage, ou de la distance entre fers (selon celle qui est la plus faible). On enlèvera le coffrage deux jours après avoir coulé le mur. Le béton sera maintenu humide par arrosage, ou en le recouvrant de sacs mouillés, pendant encore quelques jours. Si l'on découvre des vides dans le béton, on les colmatra dès que le coffrage sera enlevé, avec un coulis ou du mortier, puis on lissera à la truelle ou avec une baguette.

MURS DE FONDATION EN MAÇONNERIE. — Les qualités demandées à un mur de fondation en maçonnerie sont les mêmes que celles qu'on demande à un mur de béton : il doit être rectiligne, de niveau, et solide.

Pour monter les murs, on doit utiliser un bon mortier résistant. La composition suivante s'est révélée satisfaisante :

- 4 parties de ciment,
- 1 partie de chaux,
- 12 parties de sable propre,
- assez d'eau pour que le mélange soit utilisable.

La façon de placer les parpaings ou briques est la même que celle décrite au chapitre 10 pour mettre en place les parpaings de terre. Utiliser les cordes repères fixées aux chaises pour obtenir l'alignement. Le tuyau d'eau servira à vérifier à chaque rangée de parpaings ou de

briques que le mur reste de niveau pendant qu'on le monte. S'il est absolument nécessaire de faire des fondations en maçonnerie dans une région sujette aux tremblements de terre ou aux ouragans, on peut les renforcer avec du grillage spécial, en fort treillis de fil de fer pour clôture, ou même avec des fers de petit diamètre (10 mm ou moins). L'armature est placée dans les joints horizontaux, et doit être suffisamment enrobée de mortier pour ne pas rouiller. Ici encore, c'est un architecte ou ingénieur compétent qui devra décider de la quantité, de la nature, et de la position de l'armature. D'autre part, si l'on utilise des briques creuses, il est bon de remplir un grand nombre de ces briques, voire toutes, avec du mortier, pour augmenter leur résistance.

FONDATEIONS EN MOELLONS. — On dispose souvent, pour faire les fondations, d'une grande quantité de pierres, briques cassées, ou autres matériaux convenables. Ce type de fondation est satisfaisant et économique, mais il est plus difficile à armer. Au lieu de faire une semelle puis un mur de fondation, on peut faire les fondations en moellons sous forme d'un unique soubassement qui se rétrécit en montant jusqu'à atteindre l'épaisseur du mur de terre à son sommet (voir figure 31). La largeur de la base est déterminée de la même façon que pour les semelles à l'aide du tableau IV.

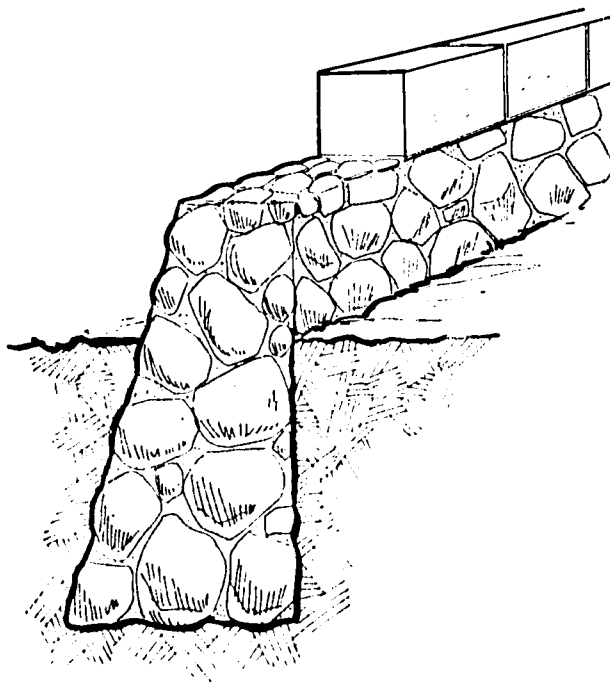


FIG. 31

On ne doit utiliser que des matériaux solides et durables pour ces fondations. Un mortier analogue à celui indiqué pour les fondations en maçonnerie convient pour sceller des moellons entre eux. Il arrive souvent, pendant que l'on nettoie l'emplacement à bâtir et que l'on creuse pour les fondations, que l'on trouve des pierres et autres matériaux que l'on peut mettre de côté pour construire les fondations.

La construction exige de la patience et il est plus difficile d'obtenir l'alignement et le niveau corrects quand on utilise des moellons. On placera à la base les pierres les plus grosses que l'on a, et on recouvrira le sommet d'une fine couche de mortier, de façon à obtenir une surface lisse et de niveau pour poser la première couche du mur de terre.

REMBLAYAGE DE LA TRANCHÉE DE FONDATION. — Comme la tranchée destinée à la semelle et au mur de fondation est plus large que le mur de fondation, il faut la combler. On utilisera de préférence la terre même que l'on a ôtée du trou. On la replacera dans la tranchée avec si possible la même humidité et la même compacité que le sol intact environnant. Cela nécessite toujours que l'on tasse cette terre, ce que l'on fera en damant des couches minces et égales de terre de chaque côté du mur de fondation de façon qu'il n'y ait aucun risque d'endommager celui-ci ou de le faire pencher. On peut utiliser le modèle de dame qui est décrit par ailleurs à propos de la terre damée.

CHAPITRE VI

TOITURES LÉGÈRES

A moins que l'on ait l'intention de faire le toit en matériaux lourds, tels que la terre, on peut le construire dès que les fondations sont terminées.

Si l'on pose le toit avant que les murs ne soient montés, il faut le soutenir à l'aide de supports temporaires ou définitifs constitués par des poteaux de bois, ou si l'on en dispose, par des montants métalliques.

Il existe plusieurs matériaux légers et pratiques pour la couverture. Parmi ceux-ci, les feuilles d'amiante ondulé, la tôle ondulée, les tuiles légères ou le chaume. Si on utilise l'un d'eux il y a divers avantages à construire le toit dès que les fondations sont terminées.



FIG. 32

Voici les avantages que procure au constructeur la mise en place du toit avant que les murs ne soient montés :

1. Le hangar obtenu est un bon emplacement pour la cure des parpaings ou briques de construction.
2. Il donne l'ombre souhaitable pour le vieillissement des murs de terre.
3. Il procure une aire de travail agréable en fournissant de l'ombre aux ouvriers, tout particulièrement sous les climats chauds.
4. Sous le toit, les outils et matériaux sont protégés des intempéries.
5. Il peut même fournir un habitat temporaire.

Cette méthode présente les inconvénients suivants :

1. Il est plus difficile de construire le toit avant qu'après la pose des murs.
2. Il faut des matériaux supplémentaires pour soutenir le toit.

Dans de nombreux cas on peut laisser les montants en place en permanence. Naturellement, si on les enlève après avoir monté les murs, on pourra les réutiliser ailleurs.

La figure 32 représente une maison coréenne dont le toit a été posé avant que les murs ne soient construits. On trouvera tous les détails sur la construction des toits au chapitre 12.

CHAPITRE VII

PRÉPARATION DU SOL

Lorsque les ressources nécessaires en sol sont assurées, et que des essais suffisants ont été faits pour savoir comment l'utiliser au mieux, l'étape suivante consiste à établir un programme détaillé et méthodique qui indique pas à pas les opérations à faire.

Construire une maison en blocs de terre ou en terre damée signifie qu'il faudra :

1. Déplacer plusieurs tonnes de terre.
2. Avoir une source d'eau à proximité.
3. Préparer le mélange de sols (en ajoutant des stabilisants si nécessaire).
4. Mettre en route les opérations de fabrication des blocs ou le damage.

Pour faire cela d'une façon efficace, il faut avoir ce qu'il faut là où il le faut. Par exemple : si l'on compte construire une maison en parpaings, il faut qu'ils soient terminés et empilés pour la cure aussi près que possible de l'endroit des murs où on les utilisera.

Si l'on a construit le toit au préalable, comme on le suggère au chapitre VI, on pourra entreprendre la fabrication des blocs sous ce toit, lequel donnera de l'ombre par temps ensoleillé et permettra de continuer à travailler par mauvais temps.

Avant de décider où effectuer chaque phase des opérations, on étudiera le schéma de la figure 33.

EXTRACTION DU SOL. — Peu importe la façon dont se font l'extraction et le transport de la terre jusqu'au lieu d'utilisation. !! faut cependant se rappeler certains points, selon que l'extraction se fait à la machine, ou à bras avec des pioches et des pelles.

La terre extraite à la machine est généralement sous forme de mottes. Il est important de les briser complètement avant de mélanger au sol l'eau et le stabilisant.

Si le sol contient des mottes, il faut prévoir un emplacement pour les briser, de façon que la terre démottée ne se mélange pas avec la

terre fraîchement extraite. Si l'extraction se fait surtout à la pioche et à la pelle, on constate que le sol contient moins de mottes.

On aura souvent à mélanger deux ou plusieurs sols pour obtenir la meilleure terre possible. Dans ce cas, il faut apporter les sols près du lieu de construction, et faire des tas distincts des différents sols. Par la suite, lorsqu'on fera le mélange, on pourra le doser de la façon que l'on a estimée la meilleure grâce aux essais préliminaires.

Souvent le constructeur se trouve dans la situation suivante : une couche superficielle de 30 cm ou plus d'épaisseur ; puis quelques 60 cm de sable et, en-dessous, une couche d'argile ou d'argile sablonneuse. S'il se débarrasse d'abord de la couche superficielle, il pourra préparer le

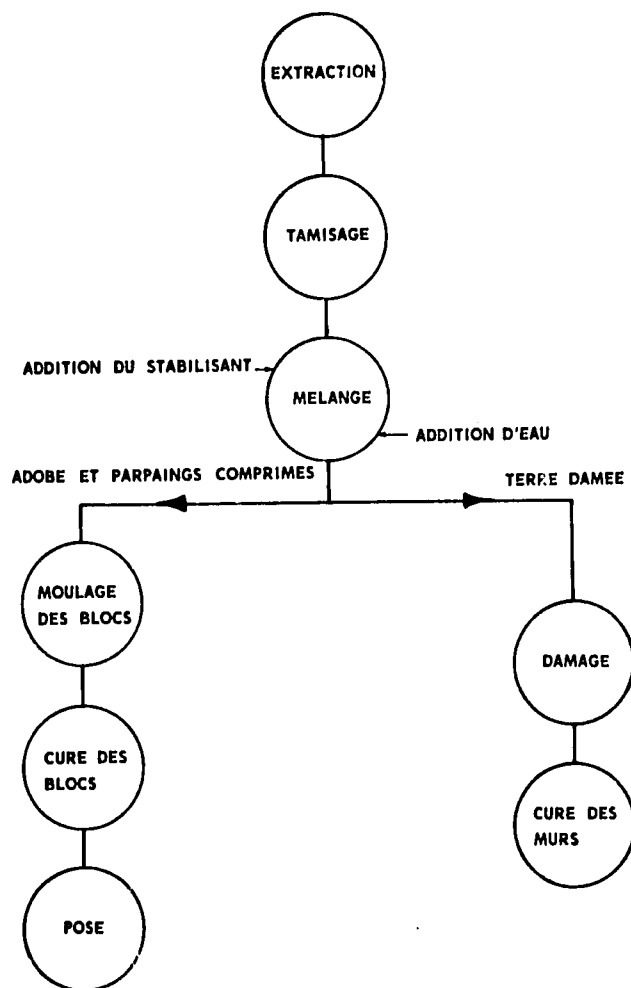


FIG. 33

mélange de construction tout en continuant à creuser les parois du trou au travers des couches. Si cela est possible, il n'aura pas besoin de dépenser ultérieurement beaucoup de temps pour faire le bon mélange. Il peut en effet faire le mélange pendant qu'il creuse, en faisant attention aux quantités respectives des différents sols qu'il extrait. Si on le peut, on procédera bien sûr ainsi, plutôt que d'extraire et mettre en tas chaque couche séparément.

HUMIDITÉ. — Il se peut que l'humidité du sol que l'on extrait soit très voisine de l'humidité permettant le meilleur compactage (voir page 30 pour savoir si le taux d'humidité est correct). Dans ce cas on peut verser directement le mélange dans la machine à faire les parpaings ou dans les banches à terre damée, à moins, bien sûr, qu'il ne soit nécessaire d'ajouter des stabilisants au sol.

Si le sol est juste de la qualité convenable, ce qui peut arriver, mais qu'il est trop sec, on peut arroser le fossé avant d'extraire la terre. Un peu d'expérience apprendra rapidement au constructeur qu'elle est l'humidité convenable et jusqu'à quelle profondeur l'eau pénètre dans les parois de la fosse.

Pour la construction en adobe, il vaut mieux ajouter l'eau pendant l'extraction. Dans ce cas le mélange se fait également dans la fosse. Mais si l'on ajoute des stabilisants secs ou en poudre, il faut les ajouter d'abord au sol à peu près sec, car il est difficile de les répartir d'une façon homogène dans un sol mouillé ou boueux.

PRÉPARATION DU MÉLANGE. — Si le mélange est composé de deux ou plusieurs sols distincts, voici quelques règles à observer pour obtenir les meilleurs résultats :

1. Se débarrasser des matériaux indésirables. S'assurer qu'on a enlevé toutes les racines, feuilles, écorces et matières organiques.
2. Briser la terre en fragments de la taille convenable avant le mélange.
3. Enlever les cailloux de plus de 40 mm.
4. Après avoir cassé et écrasé toutes les mottes, jeter le sol sur un tamis à mailles comprises entre 6 et 12 mm. La figure 34 représente des tamis adéquats. Tout ce qui ne passe pas doit être jeté ou broyé davantage.

Naturellement, si l'on désire utiliser des cailloux d'une taille allant jusqu'à 40 mm dans les parpaings ou la terre damée, l'ouverture des tamis doit être assez grande pour que les cailloux de la taille voulue puissent passer. Dans ce cas il faudra vérifier avec encore plus de soin si les mottes de terre sont complètement brisées. S'il y a de grosses mottes dans le mélange, l'eau n'y pénètre pas. Ultérieurement, lorsque la pluie détrempera le mur, ces mottes vont se désagréger en démolissant le mur ou s'éroder en laissant un trou qui affaiblira l'ensemble de la structure.

Lorsque l'on doit mélanger deux ou plusieurs sols, par exemple en provenance de différents trous, il est préférable de les tamiser séparément et de les conserver en tas distincts. Au moment du mélange on peut de la sorte procéder au dosage, en prenant par exemple « un seau de ce



FIG. 34

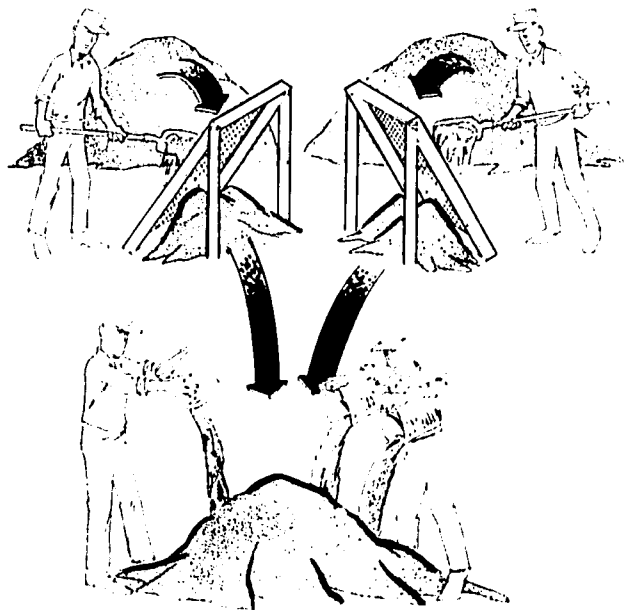


FIG. 35

sol, deux seaux de celui-là », etc. La figure 35 représente cette opération. Il est bien plus précis de peser chaque type de sol séparément, mais cela prend beaucoup plus de temps. Un peu d'expérience indiquera au constructeur la façon de faire son mélange avec assez de précision pour que la pesée soit inutile.

Pendant l'opération de mélange, il faut s'assurer que la même proportion soit conservée. Si on veut un mélange 2 à 1, il faut qu'il soit constamment dans ce rapport.

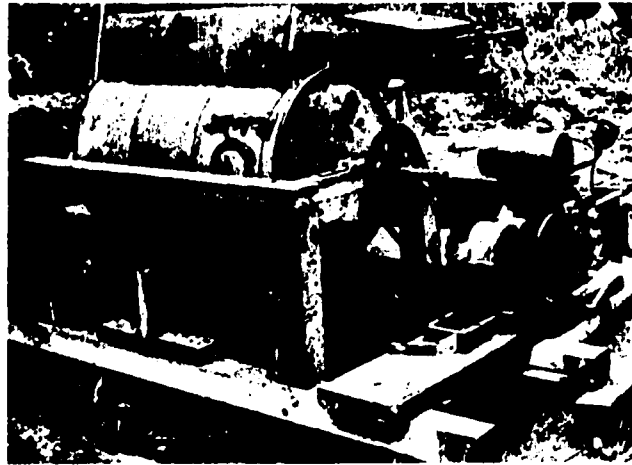


FIG. 36

MÉLANGE DU SOL. — C'est l'une des étapes les plus importantes de l'ensemble des opérations. Il est essentiel d'utiliser la quantité d'eau correcte. La qualité du mur terminé dépend de celle du mélange et de la teneur en eau au moment où l'on compacte les parpaings ou le mur.

Il y a trois méthodes de mélange utilisables :

1. Le malaxeur mécanique.
2. Le malaxeur à bras (ou mû par un animal).
3. Une aire de mélange et des pelles.

Si l'on peut en disposer, le malaxeur mécanique permettra d'économiser beaucoup de temps dans un projet d'envergure, mais il faut qu'il soit d'un type convenable. Les malaxeurs dont le corps et les pales tournent d'un seul bloc (comme dans un malaxeur à béton ordinaire) ne conviennent pas pour mélanger le sol destinés aux parpaings de terre ou aux murs de terre damée, à moins que le sol ne soit très sableux. Les meilleurs modèles comportent des pales ou dents qui tournent dans un récipient immobile. Si l'on fait de l'adobe, le malaxeur à béton convient car le mélange est alors beaucoup plus mouillé.

Il existe plusieurs malaxeurs dans le commerce, mais on peut

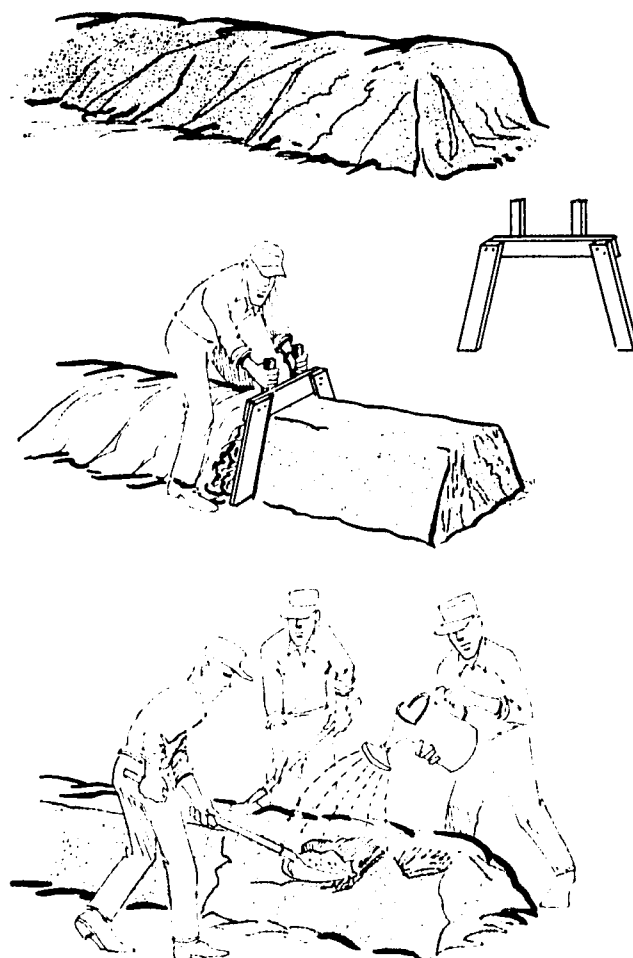


FIG. 37

construire soi-même un malaxeur mécanique si l'on dispose d'un moteur. Pour les petits modèles, un moteur à essence d'environ 5 CV convient. On peut également transformer un tracteur ou une automobile de façon qu'on puisse utiliser une prise de mouvement par courroie ou par chaîne. Un bidon d'huile de 55 gallons (210 litres) fera un bon récipient de mélange. La figure 36 représente un mélangeur qui a été utilisé avec succès et que l'on peut faire soi-même.

On peut utiliser un bidon d'huile de 25 ou 30 gallons (100 ou 120 litres) pour faire un malaxeur plus petit, entraîné à bras ou par un animal.

Si l'on construit une seule maison, la façon la plus économique et

la plus facile de mélanger le sol est de le faire à la main. Tout ce qu'il faut est une aire plane, et une pelle ou une raclette. Le plancher de la maison, s'il est en béton, fournira une surface parfaite si on l'a construit à l'avance.

Pour vérifier que toutes les gachées de mélange sont identiques, on devra mesurer avec précision les quantités de sol, d'eau et de stabilisant éventuel. Pour cela le mieux est de faire des tas en long d'environ 45 cm de largeur. Puis on utilise un gabarit, comme le montre la figure 37, pour dresser les tas à la hauteur correcte, 15 ou 30 cm par exemple. On comble les creux et on recommence. Pour chaque gachée de mélange, on vérifie que les tas ont la même longueur, la même largeur et la même épaisseur. Si on utilise un stabilisant, on en verse la quantité voulue sur le dessus du tas. On verse en même temps un peu d'eau et, avec la pelle, on retourne le matériau tout en le poussant vers le centre du tas. Un arrosoir ordinaire de jardin est parfait pour ajouter l'eau. S'assurer que l'on ajoute la même quantité d'eau et de stabilisant (éventuellement) à chaque gachée. Si l'on fait tous les tas de la même façon, et si on utilise à chaque fois la même quantité d'eau, toutes les gachées de mélange seront identiques.

Ne pas mélanger plus de sol qu'on ne peut en utiliser en une fois. Il y a cependant une exception. Dans le cas où on utilise de la chaux, pour les sols contenant **beaucoup d'argile**, on mélange complètement environ la moitié de la chaux nécessaire, puis on ajoute l'eau, et on laisse « mûrir » un jour ou deux. Pendant ce temps on recouvre le mélange de sacs ou de feuilles mouillés pour empêcher le sol de sécher. La chaux réagit avec l'argile, et désagrège les mottes qu'elle peut former. Une fois le mélange mûr, on le travaille encore soigneusement à la pelle, on ajoute le reste de chaux, on mélange, et on ajoute un peu d'eau si nécessaire. Le sol est alors prêt à être utilisé pour faire des parpaings ou un mur de terre damée.

CHAPITRE VIII

FABRICATION DES PARPAINGS OU BRIQUES D'ADOBE

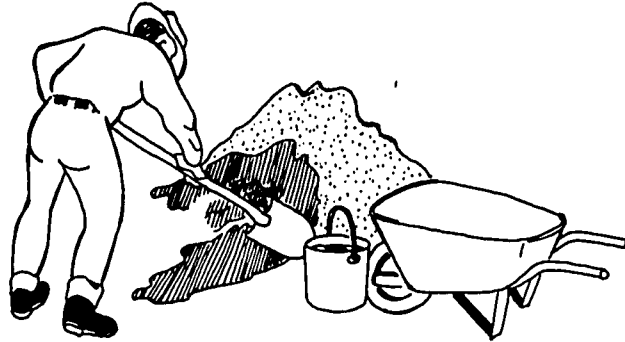
L'art de la fabrication des parpaings d'adobe est ancien, et les vieilles méthodes de mélange à la main sont aussi bonnes aujourd'hui qu'elles l'ont toujours été. Mais, si l'on dispose de machines qui peuvent faciliter le malaxage et la manutention de la terre, on pourra faire de bons blocs nettement plus vite.

MÉTHODE MANUELLE (OU ANCIENNE) DE FABRICATION DES PARPAINGS D'ADOBE. — Lorsqu'on dispose d'une abondante main-d'œuvre à bon marché, on a intérêt à l'utiliser. Il n'est besoin que de moules pour couler les briques et d'outils ordinaires pour mélanger et transporter la terre.

Les moules peuvent être prévus pour faire une seule brique à la fois, mais les moules doubles ou quadruples sont meilleurs. On fabriquera des moules solides et durables avec des planches de 50 mm d'épaisseur. Lorsqu'ils n'ont pas besoin d'être très durables, on peut se contenter de planches de 25 mm ou de contreplaqué de 20 mm. Les moules s'usent beaucoup, aussi doivent-ils être solides. On utilisera beaucoup de clous ou de boulons, ou mieux encore, on renforcera les coins avec une bande de métal. Comme ils seront souvent mouillés, il est utile de tremper les moules dans l'huile pendant quelque temps avant de les utiliser. Certains recouvrent les parois intérieures de métal, ce qui allonge la durée de vie et facilite le démoulage.

On peut faire des parpaings d'adobe de presque n'importe quelles dimensions, mais il faut quand même qu'ils soient assez petits pour qu'un homme puisse les soulever toute la journée sans être trop fatigué, ce qu'un ouvrier moyen peut faire si le parpaing pèse environ 50 livres (22,5 kg) ou moins.

Les parpaings d'adobe ont généralement de 10 à 15 cm d'épaisseur. La largeur dépend de l'épaisseur que l'on veut donner au mur, entre 22 et 45 cm. La longueur est par suite déterminée par le poids à donner

38 *Gâchage du mélange.*

au parpaing. Deux formats classiques sont $12,5 \times 25 \times 50$ cm (pesant environ 25 kg) et $10 \times 30 \times 45$ cm (pesant environ 22,5 kg).

Le rendement de la méthode manuelle est optimal lorsqu'on emploie quatre ouvriers. Deux préparent et mélangent le sol, tandis que les deux autres moulent et démoulent les briques puis nettoient les moules. On prépare le sol sec comme indiqué au chapitre VII. Puis on le mélange à l'eau comme le montre la figure 38 jusqu'à ce que le sol coule presque lorsqu'on le malaxe doucement. Une bonne façon d'estimer si on a ajouté assez d'eau est de prendre un bâton et de tracer un sillon en V de 75 mm de profondeur dans le mélange. Celui-ci est assez mouillé si les parois du sillon se gonflent et tendent tout juste à couler l'un vers l'autre.

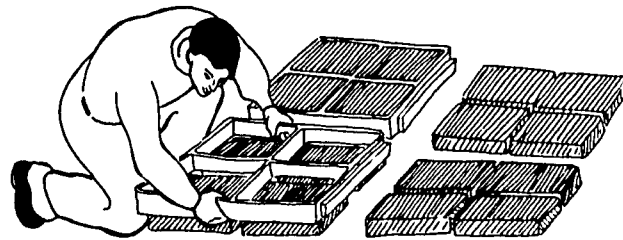
On ajoute les émulsions de bitume et autres stabilisants liquides

39. *Remplissage des moules.*

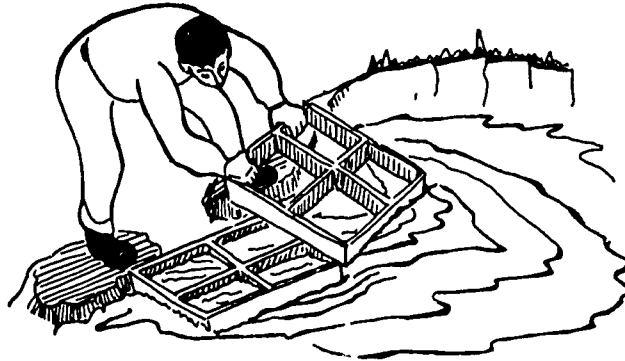
40. *Pétrissage et arasage.*

en même temps que l'eau, et les stabilisants secs ou en poudre avant de mouiller.

Après un mélange soigné, on place le sol dans les moules comme le montre la figure 39. Il est utile de laisser tomber ou de projeter le mélange dans le moule, pour qu'il se tasse bien. Puis on remue le mélange à la main, comme le montre la figure 40, de façon à remplir tous les coins et à enlever toutes les bulles d'air. Si cette opération est bien faite, les briques seront pleines et auront des coins et angles solides. Ensuite on utilise une planchette ou une truelle pour enlever la terre en excédent et lisser la face supérieure du bloc moulé. Un léger arrosage de la face supérieure facilite le lissage.

41. *Enlèvement des moules.*

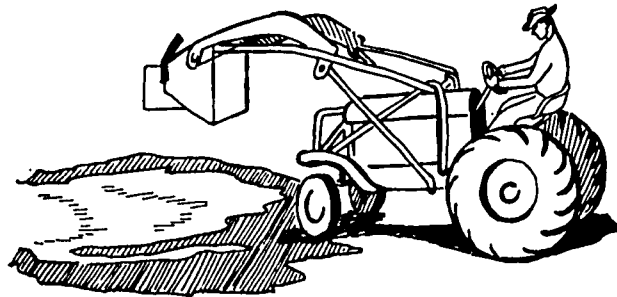
Dès que possible, on démoule les briques fraîches en soulevant le moule, comme le montre la figure 41. La seule façon de savoir à quel moment il faut enlever le moule est d'essayer. Si la brique s'écroule ou s'affaisse, c'est qu'on a enlevé le moule trop tôt ou que le mélange est trop liquide. Si le mélange colle aux moules quand on ôte ceux-ci, c'est qu'il est trop sec ou bien que l'on n'a pas huilé le moule suffisamment.



42. *Lavage des moules avant l'opération suivante.*

Avec certains sols on peut démouler immédiatement. Avec d'autres il faut attendre.

Après avoir ôté les moules, on les lave comme le montre la figure 42, et on les rapporte à l'aire de moulage pour la gachée suivante.

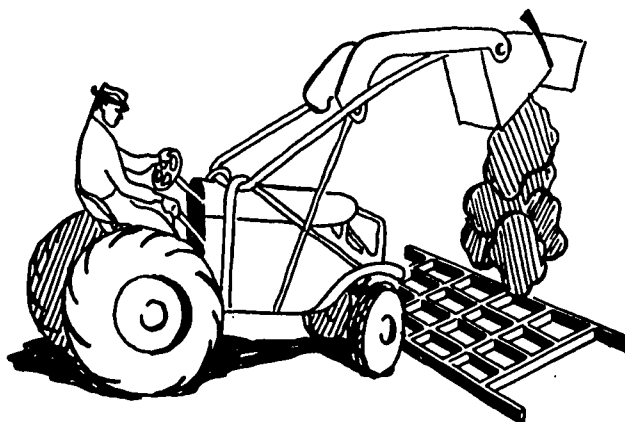


43. *Pelle mécanique utilisée pour mélanger la terre et l'eau dans une grande fosse.*

FABRICATION MÉCANIQUE DES BRIQUES D'ADOBE. —

La fabrication mécanique des briques d'adobe ne diffère guère de la fabrication à la main. Les machines qui permettent de mélanger et de déverser la terre accélèrent la fabrication des briques, mais il faut des moules plus grands et en plus grand nombre. Il faut aussi une aire de moulage plus vaste.

La taille des briques est analogue à celle des briques faites à la main, mais les moules doivent être assez grands, pour qu'on puisse couler de 12 à 16 briques à la fois. Pour ces grands moules, on utilisera du bois de construction de 50 mm d'épaisseur. Si l'on dispose d'assez de



44. *Transport mécanique du mélange jusqu'aux moules multiples.*

terre et d'eau pour que l'opération de mélange puisse se faire de façon continue, on pourra utiliser jusqu'à 40 ou 50 moules.

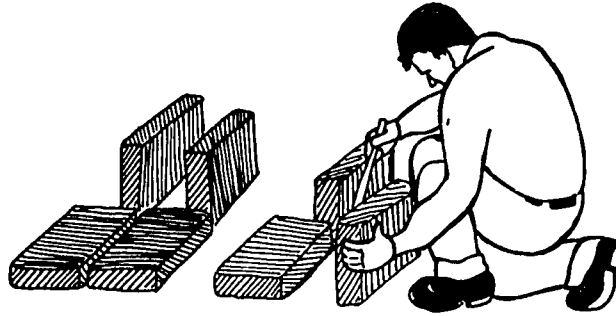
Avec cette méthode mécanique, deux ou trois ouvriers suffisent. L'un conduit une pelle-chargeuse, analogue à celle de la figure 43. Il creuse le sol si nécessaire, gâche le sol et l'eau dans une grande fosse, puise le mélange et le déverse dans les moules. La figure 44 représente cette dernière opération. L'autre ouvrier pétrit le mélange dans les moules et enlève les grands moules au moment opportun. Cette méthode est susceptible de variantes selon le matériel dont on dispose, et la pelle-chargeuse n'a été donnée qu'à titre d'exemple.

CURE DES BRIQUES D'ADOBE. — Les briques d'adobe doivent subir une cure, ou un séchage au soleil, avant qu'on puisse les utiliser. La méthode habituelle est la suivante :

1. Après avoir démoulé les briques qui viennent d'être fabriquées, on les laisse en place pendant 2 à 4 jours sans y toucher. Pour accélérer cette opération on peut utiliser des moules collectifs placés sur un fond. Le moule étant enlevé dès que le sol a reposé suffisamment pour conserver sa forme, on peut déplacer le fond, avec les briques, hors des lieux de passage pour la cure.

2. Dès que les briques sont assez solides pour qu'on puisse les prendre sans les écailler ou les briser, on les posera de chant pour la fin de la cure. On en profitera pour gratter avec une baguette le sable ou les autres matières adhérant au bloc (voir figure 45). La cure dure environ un mois, mais cela dépend beaucoup du temps qu'il fait, et du type de stabilisant utilisé.

3. Si l'on a utilisé un stabilisant tel que la chaux ou le ciment, on recouvre les blocs avec des chiffons ou de la paille humides dès que le moule est ôté. On entretiendra l'humidité pendant sept jours, puis on



45. *Au bout de deux à quatre jours on place les blocs non stabilisés de chant pour le séchage.*

posera le bloc de chant pour la fin de la cure (voir figure 58, chapitre IX).

4. A la fin de la cure, on empile les briques sur la tranche, comme l'indique la figure 46, de façon qu'elles prennent moins de place.

En raison de la longue durée de la cure, il faut disposer de beaucoup de place pour cette opération. Pendant les saisons chaudes et sèches, un toit de protection est inutile, mais il est nécessaire s'il risque de pleuvoir pendant la durée de la cure. Les briques de la figure 47 ont été abimées par la pluie avant d'avoir eu le temps de durcir.

La figure 57, au chapitre VIII, représente une couverture de protection bon marché pour la cure des blocs. Mais, quelle que soit la pro-



46. *On empile les blocs d'adobe après un mois de cure.*

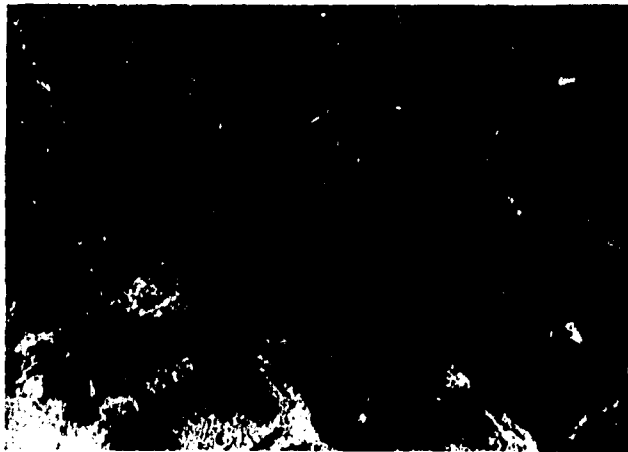
tection choisie, il faut que l'air puisse circuler autour des blocs, sinon le vieillissement sera plus long.

Certains constructeurs ont posé des briques d'adobe avant qu'elles n'aient terminé leur cure. Ceci est possible si les blocs ne se contractent pas après la pose, et s'ils sont assez solides pour qu'on puisse les manipuler sans les casser. Cependant l'économie de temps ne justifie normalement pas cette façon de procéder. Il est vraiment préférable de ne pas utiliser des briques insuffisamment vieilles.

CONTROLE DE LA QUALITÉ DES BRIQUES. — Le contrôle, pendant la construction, de la qualité des briques n'est pas aussi difficile que pour les parpaings de terre comprimée, car la teneur en eau ne présente pas autant d'importance. Il faut cependant le faire quand même. On peut faire des essais rapides, tels que l'essai aux secousses ou l'essai de résistance à sec, etc., qui ont été expliqués au chapitre II, pour savoir si le mélange s'est modifié. Il faut également faire des essais sur les blocs vieillis pour vérifier si le sol est de qualité adéquate et si l'on a ajouté la quantité convenable de stabilisant.

1. Il faut faire de fréquents essais de résistance sur les briques vieilles, en utilisant les méthodes décrites au chapitre II. On prélèvera 2 à 3 briques sur les 100 premières. Par la suite, il est suffisant de vérifier une brique sur 150 ou 200.

2. **L'essai d'arrosage** permet facilement de vérifier la qualité des briques d'adobe et de contrôler leur uniformité. Les essais doivent se faire sur les blocs vieillis en utilisant la méthode décrite au chapitre II. Le nombre d'essais à exécuter est le même que pour les essais de résistance.



47. Une protection insuffisante des blocs au cours de la cure peut les rendre inutilisables, comme cela s'est produit ici à la suite d'un orage.

3. **L'essai d'absorption**, décrit au chapitre II, est l'une des façons les plus commodes de vérifier l'uniformité des blocs. On contrôlera le même nombre de blocs que pour l'essai de résistance.

Tous les essais de contrôle doivent être exécutés sur des briques dont la cure a été de même durée. Si l'on fait des essais sur des blocs qui ont vieilli une semaine, et puis d'autres sur des blocs qui ont vieilli trois semaines, on ne peut pas espérer que les résultats soient identiques.

CHAPITRE IX

FABRICATION DES PARPAINGS DE TERRE AGGLOMÉRÉS

Comme il a été dit plus haut, les parpaings de terre agglomérés, ou blocs faits à la machine, combinent les avantages de la terre damée et de l'adobe. C'est pourquoi on a mis au point récemment, pour les fabriquer, différentes machines à main ou à moteur. Quatre des marques connues de la Texas A and M sont : Landcrete, Winget, Ellson et CINVA-Ram. Le fait que ces machines sont citées n'implique aucunement qu'elles soient garanties par la Texas A and M ou l'Agency for International Development.

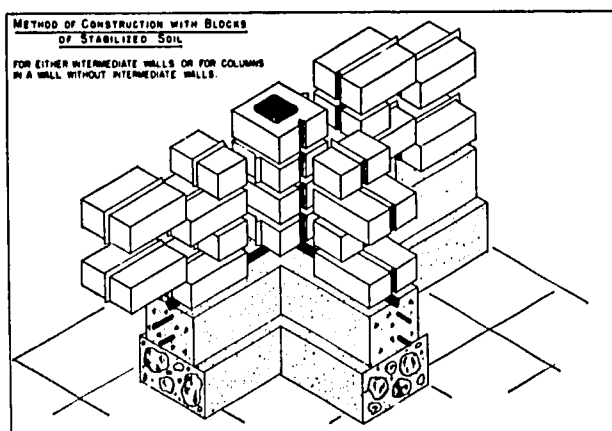
LANDCRETE. — La presse Landcrete est fabriquée par la firme Landsborough et Findlay, Ltd, Johannesburg, Union Sud-Africaine (figure 48). C'est une presse à main spécialement destinée à la fabrication de parpaings et de briques en sol stabilisé. C'est une machine bien conçue, de construction robuste, et facile à utiliser. Le constructeur indique qu'elle peut fabriquer de 100 à 150 blocs à l'heure. Il existe également un modèle à moteur permettant de faire 500 briques à l'heure. La machine est trop lourde pour être déplacée facilement. On peut mouler avec la machine des blocs de différentes formes, comme l'indique la figure 49. Les diverses formes possibles comprennent les blocs d'angle, les blocs pour cloisons intérieures, et d'autres blocs spéciaux. Les blocs Landcrete comportent un système de raccordement qui facilite la pose.

WINGET. — La machine Winget (figure 50) est une presse hydraulique à parpaings entraînée par un petit moteur à essence. Elle est fabriquée par la firme Winget, Ltd, Rochester, Angleterre. Elle comporte un plateau tournant, prenant trois positions : l'une pour remplir le moule ; la seconde pour comprimer les parpaings ; la troisième pour démouler. Le plateau doit être déplacé à la main, ce qui fait que l'opérateur commande la cadence de production. En raison de la pression élevée que donne la presse, la qualité des parpaings est bonne. Cette machine, en raison de son poids, n'est pas facile à transporter.



FIG. 48

ELLSON BLOCKMASTER. — C'est une machine à bras, destinée à la fabrication de parpaings ou de briques, fabriquée par Ellson Equipments (Pty) Ltd, 283 Fox Street, Johannesburg, Afrique du Sud (figure 51). Elle utilise un système de levier, à débattement constant, de façon que l'épaisseur des blocs soit constante. Le rapport de force élevé (500 contre 1) permet d'obtenir des blocs très denses et compacts. Différents moules servent pour les blocs de $23 \times 30 \times 10$ cm. Il existe d'autres moules pour fabriquer des parpaings de raccordement, des



49. Les diverses formes de parpaings que fabrique la machine Landcrete permettent la construction de coins et de raccords rigides.



50. *Machine tournante Winget en cours d'utilisation au Cameroun.*

briques de $11 \times 23 \times 10$ cm et des parpaings creux de $45 \times 23 \times 10$ cm. Le fabricant revendique une cadence de 900 à 1 100 blocs par journée de 8 heures, et 1 400 à 1 500 si l'on utilise un accessoire de chargement semi-automatique. Pour les briques de $11 \times 23 \times 10$ cm la cadence est sensiblement double car on en fabrique deux à la fois. Il faut deux ouvriers pour servir la machine, et deux ou trois autres pour préparer le sol.

CINVA-RAM. — La machine Cinva-Ram (figure 52) a été mise au point à Bogota, Colombie, en 1952, par le Inter-American Housing and Planning Center (CINVA). Elle fonctionne par pression sur l'extrémité d'un long levier. Elle fabrique des parpaings de $29 \times 14 \times 9$ cm (creux ou pleins) ainsi que des tuiles pour toits ou planchers de $29 \times 14 \times 4$ cm. La longueur du levier permet d'avoir des blocs denses de haute qualité. Actuellement la CINVA-Ram est distribuée par Metalibec Ltda, Apartoda Acro 233 Nal 157, Bucaramanga, Colombie, Amérique du Sud, sous licence de la I.B.E.C. Housing Company, New York, U.S.A. La machine ne pèse que 63 kg et c'est la plus légère des quatre que nous avons présentées. Trois ouvriers chargés de toutes les opérations de préparation, mélange, moulage, etc., doivent pouvoir fabriquer 300 parpaings par jour. En répartissant le travail entre cinq ouvriers on peut en faire 600.



51. *Le chronométrage de la machine Ellson a indiqué que la durée du cycle de compression et d'éjection était de 1,4 seconde.*

RÉSUMÉ CONCERNANT LES MACHINES A FABRIQUER LES PARPAINGS. — Toutes les machines mentionnées ci-dessus fabriquent des blocs de terre de haute qualité. Certes, chaque machine a ses avantages et ses inconvénients, et certaines sont disponibles dans quelques régions du monde tandis que d'autres ne le sont pas. Il existe probablement d'autres machines qui font de bons blocs, mais il n'est pas pos-

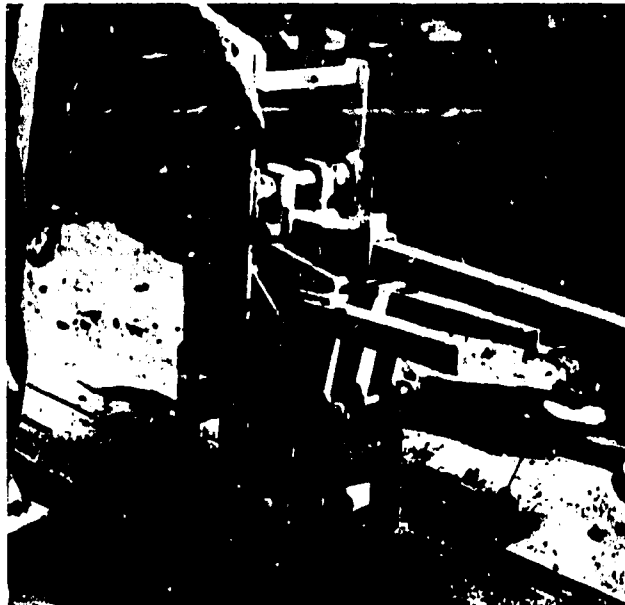


FIG. 52

sible dans ce manuel de les étudier toutes. Nous expliquerons le processus de fabrication sur la machine CINVA-RAM.

OPÉRATIONS DE FABRICATION DES BLOCS. — Pour une machine, une équipe de 5 ou 6 ouvriers permet d'obtenir la meilleure production. Trois hommes s'occupent de l'extraction et de la préparation du sol, tandis que deux font fonctionner la machine et moulent les parpaings. Un autre ouvrier pourra empiler les blocs pour la cure.

INTRODUCTION DE LA TERRE DANS LA MACHINE. — Avec la plupart des machines à faire des parpaings (en particulier la CINVA-Ram), il est nécessaire d'introduire à chaque fois la quantité

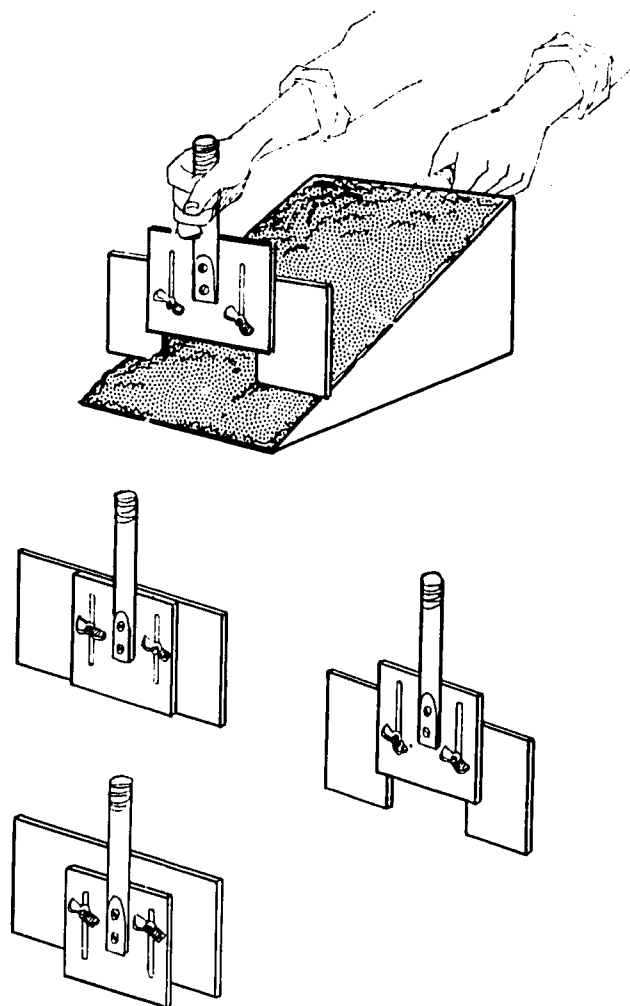


FIG. 53

correcte de mélange de sols dans la machine. On peut utiliser un matériel de pesage simple et rapide, mais une pelle doseuse en bois ou en métal donne des résultats presque aussi bons. La figure 53 représente une pelle destinée à la Cinva-Ram. Un ouvrier puise à l'aide de la pelle dans un tas de mélange non tassé, arase le matériau en excès, avec un morceau de bois droit ou une plaque métallique, puis déverse directement dans la machine la quantité mesurée. La taille de la pelle dépend de la quantité à utiliser pour obtenir un bloc dense. On peut également utiliser un seul modèle de pelle, mais avec une raclette réglable comme celle de la figure 53.

Avant de déverser chaque pelletée de terre dans la Cinva-Ram, on huilera légèrement au pinceau les parois et le fond du pot de presse. Le mélange à parties égales d'huile de moteur et de pétrole convient bien. Le film d'huile empêche le parpaing de coller aux parois du moule, et facilite son extraction.

On verse alors la pelletée de mélange dans le moule huilé (figure 54). Pour beaucoup de sols, la pelletée de sol non tassé ne remplit pas



54. *Chargement du moule avec le mélange de terre.*

55. *Compression*

complètement le moule, et il est facile de fermer le couvercle. Certains, cependant, ont tendance à foisonner quand ils sont humides (c'est le cas en général des matériaux sableux) et on devra les tasser légèrement à la main avant de pouvoir fermer le couvercle. On s'est également aperçu que beaucoup de blocs n'étaient pas assez énergiquement comprimés dans les coins, et que ces coins avaient tendance à s'effriter ou se casser lors des manipulations ultérieures. Ceci n'affecte pas la résistance globale du parpaing, mais risque par la suite de donner mauvais aspect au mur. Pour éviter cela, on peut tasser le sol légèrement à la main dans les coins, ou mettre un peu plus de terre à chaque coin.

COMPACTAGE DES BLOCS. — L'ouvrier qui remplit le moule glisse le couvercle dessus. Son équipier appuie sur le levier (figure 55). C'est la partie la plus importante du processus, et elle demande une certaine expérience pour être bien exécutée. La machine Cinva-Ram a été conçue de façon que l'application d'une force de 32 kg à l'extrémité du levier permette d'obtenir des blocs de densité satisfaisante. Cependant il a été prouvé que des blocs plus denses sont encore plus solides et résistent mieux aux intempéries. Aussi est-il recommandé d'appliquer sur le levier une force de 60 kg au moins, c'est-à-dire qu'un homme de 60 kg devra appuyer de tout son poids pour faire descendre le levier à l'horizontale.

La qualité du bloc dépend de l'exactitude de la quantité de terre mise dans le moule. Si l'on peut faire descendre le levier jusqu'à l'horizontale sans effort, c'est qu'il n'y a pas assez de terre dans le moule, et le bloc ne sera pas assez dense. Si l'on a mis trop de terre dans le moule, on ne pourra pas faire descendre le levier à l'horizontale, même en exerçant un effort important. De nouveau, le bloc fabriqué dans un moule trop rempli ne sera pas assez dense. Le constructeur peut s'apercevoir si la quantité de terre est correcte. Il sentira que l'effort le plus



56. Ejection du parpaing terminé et transport vers l'emplacement de cure.

important s'exerce au moment où l'extrémité du levier est à environ 30 cm au-dessus de l'horizontale.

Si l'on possède un matériel de pesée, on devra calculer la densité des blocs en mesurant leur poids et leur volume. Les meilleurs blocs sont les plus lourds, c'est-à-dire les plus denses.

EXTRACTION DES BLOCS. — Dans la machine CINVA-Ram, les blocs sont éjectés du moule lorsqu'on relève le levier et qu'on le fait basculer de l'autre côté du moule (figure 56). Il faut ensuite les transporter dans un endroit convenant pour la cure. Si le sommet du bloc s'infléchit ou se fend pendant le transport, c'est probablement que le mélange est trop humide. Ces blocs seront peu solides et ne doivent pas être utilisés. Les blocs frais qui contiennent de l'argile peuvent être manipulés sans grand risque de casse. Les blocs sableux peuvent s'effriter, aussi faut-il les transporter sur un plateau en bois ou métal. Certains blocs doivent être laissés un certain temps sur le plateau, jus-

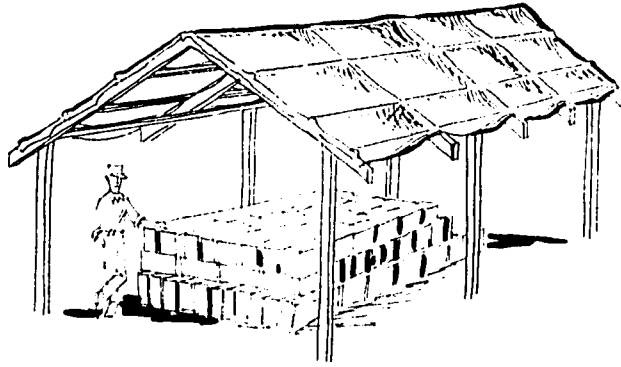


FIG. 57

qu'à ce qu'ils soient assez solides pour qu'on puisse les déplacer. Il peut se révéler nécessaire d'avoir sous la main assez de plateaux pour toute la production journalière de blocs. La seule façon de savoir si les plateaux sont ou non nécessaires est de faire des blocs et de voir comment ils tiennent ensemble quand ils sortent de la machine.

CURE DES BLOCS. — Pendant la cure, il faut stocker les parpaings dans un endroit où ils ne seront pas dérangés, et près du lieu d'utilisation.

La cure est terminée lorsque toute l'eau introduite pour la compression est partie. Elle est plus rapide au soleil. Si la région est très pluvieuse, il faut faire sécher les parpaings sous un abri bon marché, tel que celui de la figure 57. Si l'on a construit à l'avance le toit de la maison, le séchage se fera sous ce toit.

Les blocs contenant du stabilisant doivent subir une cure humide pour durcir, en particulier s'ils contiennent un stabilisant de liaison

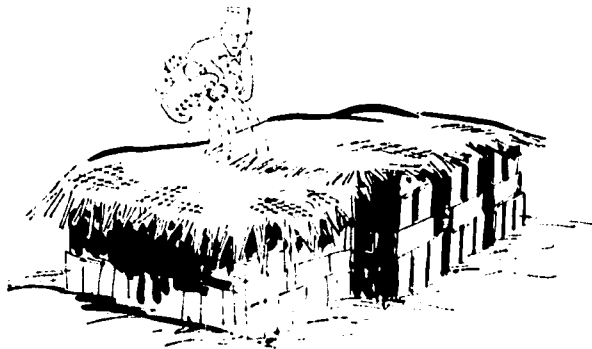


FIG. 58

(voir chapitre II). Pendant cette période les parpaings doivent être posés sur leur extrémité et recouverts de sacs, feuilles, ou autres matériaux mouillés, comme le montre la figure 58, de façon qu'ils restent humides. Après la cure, on enlève la couverture et on empile les blocs pour qu'ils sèchent.

Certains constructeurs n'attendent pas que les blocs soient complètement secs pour monter les murs. Ceci ne présente pas d'inconvénients si les parpaings ne se fissurent pas quand on les pose, et ne se contractent pas par la suite. Mais il faut qu'ils aient vieillis au moins une semaine avant qu'on ne les utilise ; le plus longtemps sera le mieux.

CONTROLE DE LA QUALITÉ DES PARPAINGS. — Lorsqu'on fabrique un grand nombre de parpaings, il est normal que quelques-uns soient mauvais. Parfois, tout un lot de blocs peut être de mauvaise qualité parce que quelqu'un a commis une erreur. Les erreurs arrivent, mais le constructeur peut se protéger contre leurs conséquences en faisant de temps en temps des essais de contrôle. La nature et le nombre d'essais à faire dépendent de la taille du chantier et du type de construction. Pour les parpaings comprimés, nous recommandons les essais suivants :

1. On doit vérifier **la teneur en eau**, de chaque mélange avant de mouler les blocs. Si les gachées sont petites, on peut faire cette vérification en faisant une boule de mélange, comme il est indiqué au chapitre II, et en la laissant tomber sur une surface dure. Pour des gachées importantes on utilisera les essais plus précis de mesure de l'humidité qui figurent à l'annexe B. Les échantillons de sol devront peser de 0,5 à 1 kg.

2. On procédera de temps en temps à **l'essai d'arrosage**, pour voir si la résistance aux intempéries est aussi bonne qu'on l'espère. Cet essai s'effectue sur les blocs vieillis, selon le mode opératoire indiqué au chapitre II. Au commencement du travail, on prélèvera 2 ou 3 blocs (voir plus haut) sur les 100 premiers. Par la suite il suffira de vérifier une brique sur 150 ou 200.

3. On doit aussi vérifier **la résistance du bloc** pour être sûr que le bloc sera aussi solide qu'on s'y attend. Cet essai s'effectue sur des blocs vieillis, selon le mode opératoire indiqué au chapitre II, ou celui de l'annexe A. Le nombre d'essais à faire est le même que celui donné pour l'essai d'arrosage.

4. On peut facilement faire **l'essai d'absorption** sur des blocs vieillis, comme il est indiqué au chapitre II. On fera un essai d'absorption à chaque fois que l'on fait un essai d'arrosage.

5. Si l'on a un matériel de pesage, on fera des **mesures de densité** pour savoir si les blocs sont suffisamment comprimés. Se rappeler que les blocs les plus lourds sont les meilleurs.

Si les blocs ne satisfont pas aux essais de contrôle, on arrêtera immédiatement la fabrication, jusqu'à ce qu'on ait décelé la cause des difficultés.

CHAPITRE X

LA CONSTRUCTION DES MURS EN BLOCS DE TERRE

On pose les blocs de terre comprimée ou d'adobe en couches ou rangées successives, exactement comme les briques cuites. Chaque rangée est décalée d'une demi longueur de bloc, comme le montre la figure 59, de façon que les joints verticaux ne soient pas dans le prolongement les uns des autres. Les parpaings sont scellés entre eux avec du mortier afin d'obtenir un mur de résistance uniforme. Certaines machines fabriquent des parpaings qui comportent un système de rainures et languettes de raccordement, ce qui permet aux blocs de se tenir sans mortier. Ce type de liaison n'est pas très satisfaisant, surtout dans les régions sujettes aux tremblements de terre ou aux vents violents.

Le choix d'un mortier convenable est une décision importante à prendre, aussi devra-t-on étudier avec soin les indications données ci-dessous avant de choisir le mortier.

MORTIERS POUR LES PARPAINGS DE TERRE COMPRIMÉE. — On peut utiliser pour les parpaings de terre comprimée un des mortiers de haute qualité que l'on utilise pour les briques cuites ; on peut aussi le préparer avec le mélange de sols qui a servi à faire les blocs. Voici un mortier de haute qualité qui a été utilisé avec succès pour différentes sortes de parpaings de terre :

- une partie de ciment portland,
- une partie de chaux,
- six parties de sable propre (taille des grains inférieure à 3 mm),
- assez d'eau pour que le mélange soit utilisable.

Si l'on dispose de ciment de maçonnerie, on prendra une partie de ciment et trois parties de sable, plus l'eau nécessaire.

Si l'on utilise le mélange de sols pour faire le mortier, il faut qu'il ne contienne que peu d'argile afin d'éviter les fissures de retrait. Le mortier n'étant pas comprimé comme les blocs, il lui faut un stabilisant, habituellement du ciment ou de la chaux, pour qu'il ait la même résistance que les blocs. L'étude a montré que le mortier destiné aux blocs agglomérés **stabilisés** devait contenir deux fois plus de stabilisant que

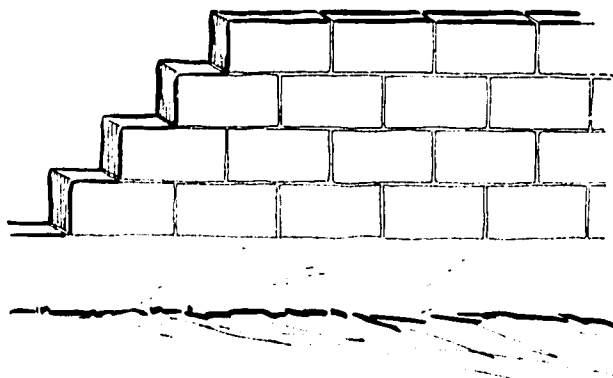


FIG. 59

les blocs pour avoir la même résistance. En d'autres termes on doublera, pour préparer le mortier, la quantité de stabilisant que l'on a utilisé pour les blocs.

Il faut faire passer à travers un petit tamis le mélange de terre ou de sable destiné au mortier.

CHOIX DU MEILLEUR MORTIER POUR LES BLOCS DE TERRE AGGLOMÉRÉS. — Il existe quelques essais simples que l'on peut utiliser pour choisir un bon mortier. Avant de procéder à ces essais il est nécessaire d'avoir quelques notions sur la pose des blocs. Comme l'on sèche généralement les blocs avant de les poser, on peut s'attendre à ce qu'ils absorbent une partie de l'eau du mortier. S'ils en absorbent trop, le mortier séchera trop vite. Il sera peu solide et la liaison avec le bloc sera mauvaise.

Une façon simple de voir si cela va se produire est de dessiner un cercle de 25 mm de diamètre à la surface du bloc avec un crayon gras ou un fusain. Avec un compte-gouttes quelconque on verse rapidement 20 gouttes d'eau à l'intérieur du cercle. Si le bloc absorbe toute l'eau en moins de 1 minute et demie, il faut l'humidifier. Ceci peut se faire en immergeant les parpaings **stabilisés** dans l'eau pendant une minute ou deux. On peut arroser tout autour les blocs **non stabilisés**. On laisse l'eau superficielle pénétrer dans le bloc avant de mettre le mortier.

Après avoir humidifié convenablement les blocs, on scelle deux ou plusieurs d'entre eux avec chacun des mortiers à l'essai, en utilisant la même épaisseur de mortier que pour monter le mur. Il importe que la consistance (humidité) du mortier soit identique à ce qu'elle serait au cours du travail réel. Le mortier en excès est raclé, et on laisse sécher le joint pendant au moins un jour. On jugera les mortiers sur la présence de craquelures. Un mortier ne convient pas s'il se forme des fissures ouvertes qui permettraient à l'eau de pénétrer dans le joint. Quelques

craquelures de l'épaisseur d'un cheveu sont admissibles. Un mortier craquelé manque de sable ou de stabilisant.

Si le joint d'essai ne montre pas de fissures, on met les blocs d'essai de côté, à l'abri, pendant au moins 7 jours. Si l'on a utilisé du ciment Portland ou de la chaux comme stabilisant, on doit leur faire subir une cure humide durant le premier jour. Au bout des 7 jours de séchage, on laisse tomber les blocs scellés, de la hauteur de l'épaule, sur une surface dure, en s'arrangeant pour que ce soit un coin d'un des blocs qui porte. On examine les fragments pour voir si la cassure suit le joint ou le croise. Tout mortier qui scelle assez solidement les blocs pour que certaines cassures se produisent en travers des blocs est un mortier résistant et durable. Si les cassures sont toutes dans le joint de mortier, on soupçonnera celui-ci d'être trop faible pour être utilisé avec succès. Certains blocs sont très résistants et ne cassent pas sur toute leur épaisseur. Dans ce cas la seule chose à faire est d'évaluer par quelque autre moyen la force nécessaire pour séparer deux blocs.

MORTIERS POUR LES BRIQUES D'ADOBE. — Les essais ont montré que le mortier destiné aux briques d'adobe doit avoir à peu près la même résistance que les briques elles-mêmes. Si le mortier est nettement plus solide, il peut provoquer au retrait la fissuration des briques. C'est pourquoi il est préférable d'utiliser le même sol (y compris le stabilisant) que celui qui a servi à faire les briques. On fera passer le mélange à travers un tamis fin pour enlever les grains trop gros, qui nuisent toujours à la qualité d'un mortier.

Si le mortier ne scelle pas bien les briques, il peut être utile d'humidifier les blocs au préalable par arrosage, ainsi que d'ajouter un peu de stabilisant. Cependant, en règle générale, on n'a que peu d'ennuis avec les mortiers pour adobe.

POSE DES BATIS DE PORTES. — Avant de commencer à poser les blocs il faut repérer et marquer soigneusement l'emplacement des portes sur le sommet du mur de fondation. On pose parfois les bâtis de portes avant de monter les murs.

Une autre méthode satisfaisante, que l'on utilise fréquemment pour les constructions en adobe, consiste à laisser un vide soigneusement mesuré pour pouvoir poser le bâti des portes après avoir terminé la pose des blocs. Si l'on pose le châssis d'abord, il faut bien vérifier que sa position est correcte. Il doit être parfaitement d'aplomb, et solidement étayé. Le cadre doit être parfaitement d'équerre, ce que l'on vérifiera en mesurant les diagonales, puis on placera des entretoises en diagonale également.

PROTECTION CONTRE LES TERMITES. — Dans certaines régions du monde, et en particulier sous les climats tropicaux, les termites, ou fourmis blanches, sont tellement redoutables qu'ils percent même les blocs de terre. Si la maison est construite dans une telle région, il faut prendre des précautions spéciales. La méthode habituelle consiste à poser sur le sommet du mur de fondation une mince feuille

métallique qui dépasse au moins de 8 cm à l'extérieur vers le bas. On peut aussi traiter le sol et la charpente avec des insecticides qui permettent de limiter les attaques des termites.

POSE DES BLOCS. — Après avoir choisi le mortier, et mis en place la protection contre les termites et les bâtis de portes, on est prêt à poser les blocs. La méthode habituelle consiste à poser une première rangée tout autour de la maison, comme le montre la figure 60 b. On laisse des intervalles pour le mortier, mais on ne met pas encore celui-ci. Cette étape permet de fixer l'intervalle correct entre les blocs des rangées suivantes. Une fois qu'on est arrivé par tâtonnements à avoir l'espace correct, on scelle les blocs au mortier.

Puis on monte soigneusement plusieurs couches de parpaings dans les angles, et autour des bâtis de portes, comme le montre la figure 60 c. On obtient ainsi des repères de façon que l'on puisse placer les blocs restants de niveau et à intervalles corrects.

Puis on tend des cordes entre les angles du bâtiment, comme sur la figure 61, ou entre un angle et un bâti de porte. Ces cordes doivent être fixées de telle sorte qu'elles soient juste au niveau du sommet de la rangée suivante à poser. On vérifiera leur horizontalité et on fera les réglages nécessaires. Il vaut mieux qu'elles soient à quelque distance vers l'extérieur de la paroi externe du mur (en général 2 à 3 cm). De cette façon le maçon qui pose les blocs sait exactement à quelle distance ceux-ci doivent être de la corde pour que le mur soit droit (il peut être

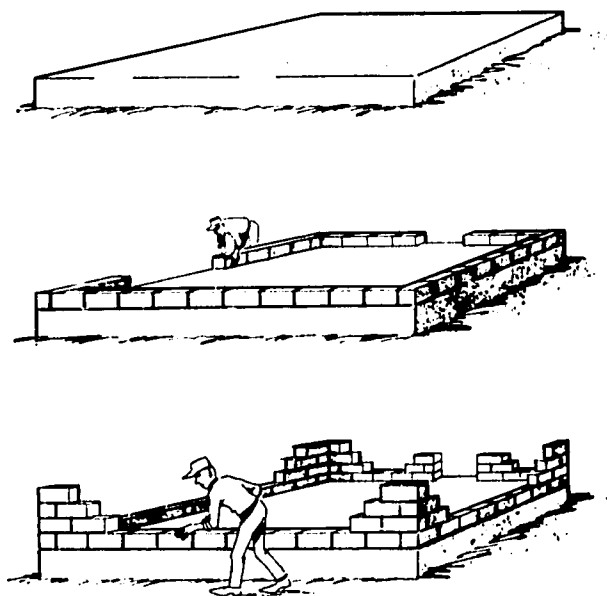


FIG. 60

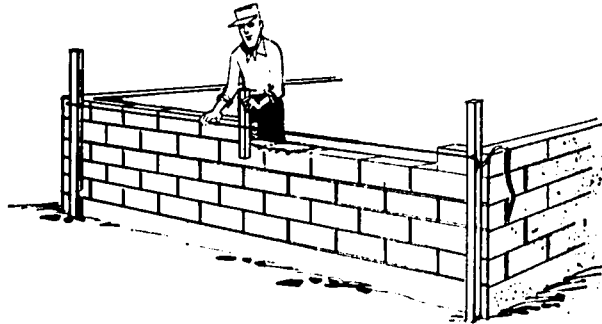


FIG. 61

commode pour lui d'avoir une petite cale en bois de l'épaisseur voulue qui lui permet de vérifier l'écartement entre la corde et la paroi du bloc). Une fois la rangée terminée, on déplace la corde vers le haut pour la rangée suivante. On monte ainsi les couches successives jusqu'à la hauteur des appuis de fenêtre. On arrête alors la pose des blocs pour mettre en place les châssis de fenêtre.

Les briques d'adobe n'ont pas une surface très plane, et il est plus difficile de les poser en ligne droite, mais cela peut quand même se faire.

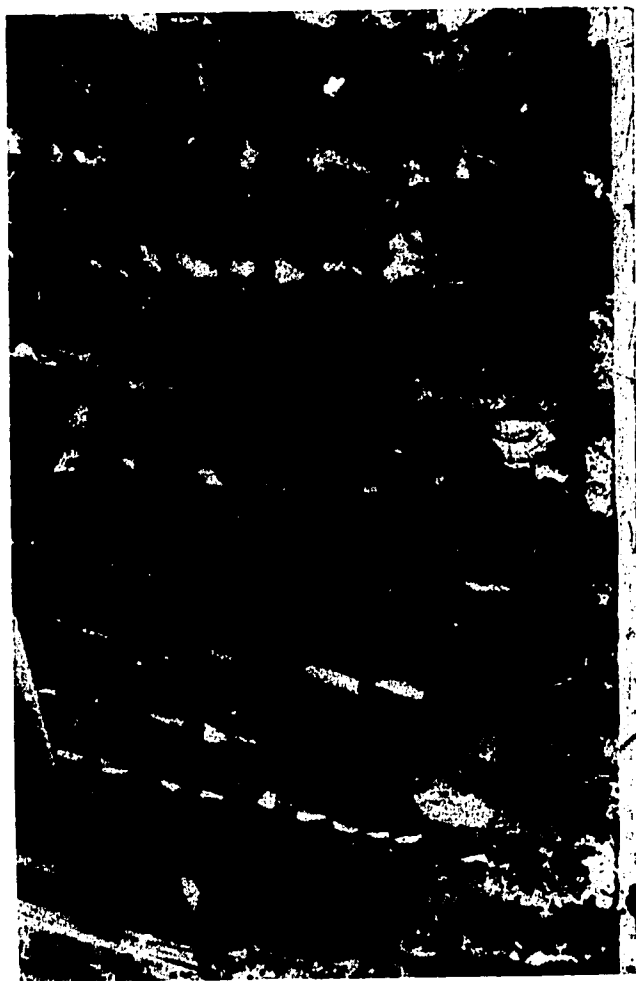
Une maison dont les murs sont gauchis n'a pas très belle allure, aussi faut-il vérifier souvent que les murs montent bien d'aplomb (verticalement). On le vérifiera avec un niveau ou un fil à plomb.



FIG. 62

Les maçons doivent disposer d'aides, qui surveillent s'il reste assez de mortier, trempent les blocs si nécessaire, et maintiennent en permanence une réserve de blocs à portée du maçon. Le maçon a besoin d'outils : une grande et une petite truelle, un outil à jointoyer, un marteau et un niveau.

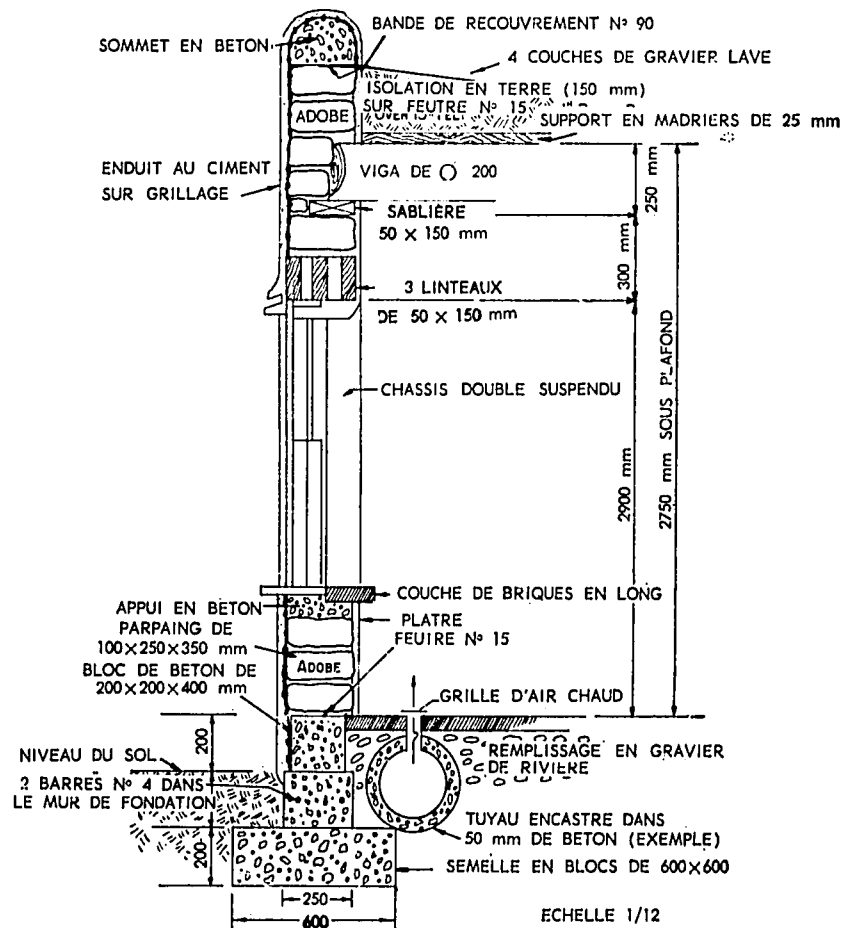
On met le mortier sur le dessus des blocs, avec la truelle, comme le montre la figure 62. On prend assez de mortier pour que le joint soit un peu plus épais que souhaité. Puis le maçon met du mortier sur chaque extrémité du bloc et met celui-ci en place. Avec la poignée de la truelle



63. *L'accrochage du revêtement sur l'adobe a été amélioré dans ces constructions anciennes de Ft. Davis, Texas, en insérant des éclats de pierre dans le mortier frais.*

il tape doucement sur le bloc pour l'amener à sa position exacte, puis racle l'excès de mortier qui déborde du joint. Lorsque le mortier a légèrement durci (au bout d'une demi-heure environ) le maçon finit les joints avec un outil arrondi appelé outil à jointoyer, qui sert à refouler le mortier dans le joint. Ceci tasse solidement le mortier, et rend le joint moins perméable. L'aide-maçon doit de temps en temps arroser d'eau les joints frais pour qu'ils ne sèchent pas trop vite. Lorsque le maçon a besoin d'un demi-bloc, à un encadrement de porte ou de fenêtre, il peut couper un bloc en le frappant d'un coup sec avec la tranche métallique de la truelle.

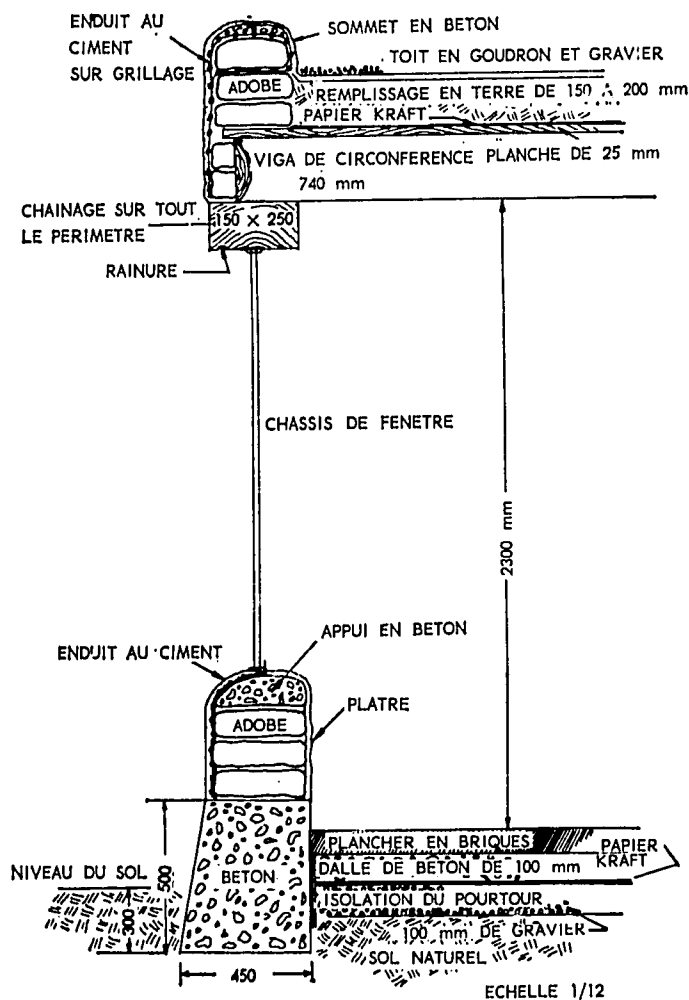
Si l'on compte recouvrir la surface du mur d'un revêtement épais (comme indiqué au chapitre 13), il n'est pas nécessaire de finir les joints



64. Schéma modèle d'une coupe de mur en adobe par un constructeur d'Albuquerque.

avec l'outil à jointoyer. On laisse au contraire le joint à l'état brut, que le mortier dépasse ou qu'il y ait un vide. Certains constructeurs suppriment même le mortier des joints verticaux aux extrémités des blocs. Ceci peut ne pas être une idée judicieuse mais, si on le fait, et si l'espace vide est rempli par la suite par le revêtement de surface cela accrochera énergiquement celui-ci au mur. Les éclats de pierre fichés dans le mortier frais augmentent également l'adhérence du revêtement. La figure 63 montre une maison en adobe où cette méthode est utilisée.

FENETRES. — Lorsque le mur de blocs a été monté à la hauteur convenable, il faut poser l'appui de fenêtre. C'est l'un des endroits où



65. Schéma type d'une coupe de mur en adobe par un entrepreneur bien connu d'Albuquerque.



66. *Un appui de fenêtre en surplomb draine l'eau de pluie en deux ruisselets qui érodent facilement la surface non protégée du mur.*

se produisent le plus souvent des défauts d'étanchéité gênants, et on devra y faire très attention à ce stade de la construction. L'appui doit être fait d'un matériau solide et imputrescible. On peut utiliser un mortier de bonne qualité ou, mieux, un béton de ciment Portland légèrement armé, comme le montrent les figures 64 et 65. Lorsque le châssis de la fenêtre est en bois, l'appui de maçonnerie ne doit à aucun endroit



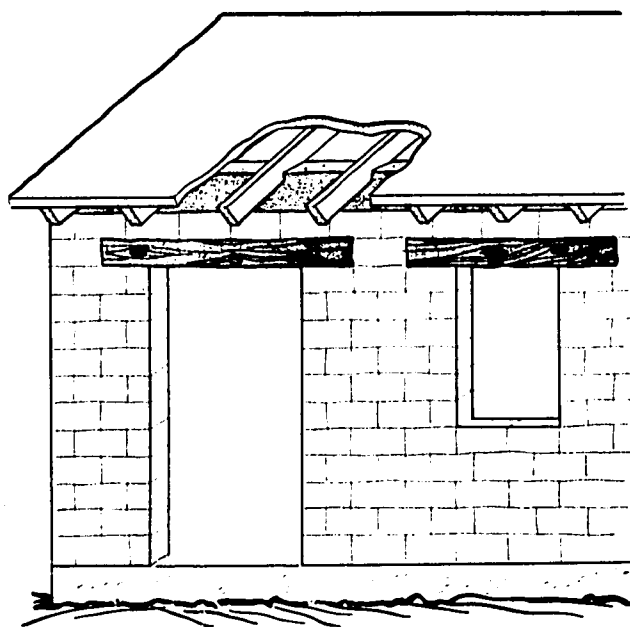
67^a. *On insère ce bloc fait en bois de 5 × 10 cm, et de mêmes dimensions qu'un bloc d'adobe, à la place d'un de ces derniers autour de l'encadrement des portes et des fenêtres. Ces blocs permettent de fixer d'une façon rigide les châssis.*

déborder de la partie inférieure du châssis, sinon l'étanchéité ne sera pas bonne. De même il ne devra pas faire saillie sur le mur terminé, sinon il collectera l'eau qui ruisselle sur le mur, ce qui provoquera de l'érosion, comme le montre la figure 66. Si l'on veut un appui débordant, il doit comporter par en-dessous une rainure en gouttière pour éviter que l'eau ne s'écoule le long du mur.

Lorsque l'appui en maçonnerie est en place, on peut poser le châssis de la fenêtre que l'on entretoisera comme pour les portes. Puis on continue la pose des blocs. On peut également laisser une ouverture soigneusement mesurée et mettre la fenêtre en place une fois le mur monté. La figure 67 montre une astuce qu'utilisent souvent les maçons en adobe, lorsque les murs doivent ultérieurement recevoir un revêtement. En différents endroits adjacents aux ouvertures des portes et fenêtres on pose des blocs de bois creux de la même taille que les briques d'adobe. Les blocs sont scellés et remplis de mortier. De la sorte on peut clouer sur ces blocs les bâtis des portes et des fenêtres sans crain-



67^b. Bloc de bois en place (sous le papier isolant) dans une maison d'Albuquerque (Nouveau-Mexique) en construction (Koeber).

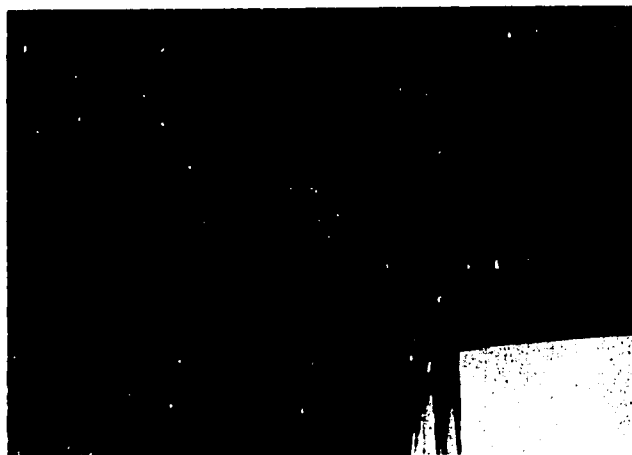


68. *Linteaux de bois au-dessus des portes et fenêtres. Au-dessus (dans la partie « écorchée ») on a représenté un chaînage en béton.*

dre de casser les briques d'adobe. On peut également utiliser ce procédé pour les murs en parpaings comprimés sur lesquels on compte poser un épais revêtement. Il existe une autre, et peut-être meilleure méthode, qui consiste à fixer des lames métalliques au châssis, lames qui pénètrent dans les joints de mortier.

LINTEAUX. — Le point faible de toutes les maisons se trouve au-dessus des portes et des fenêtres. On doit toujours poser au-dessus de ces ouvertures une poutre ou autre pièce de soutien qui s'appelle un linteau (voir figure 68). Le linteau doit être assez solide pour supporter les contraintes de construction ainsi que le poids des blocs situés au-dessus de lui. Une poutre en bois de charpente ou en béton armé est un bon linteau (la figure 95 de l'annexe A donne des épaisseurs de linteaux pour diverses conditions). Le linteau doit traverser toute l'épaisseur du mur, de sorte que les blocs reposent sur lui par toute leur surface. Il doit en outre dépasser latéralement de l'encadrement sur une longueur au moins égale à l'épaisseur du mur de façon que ses points d'appui aient une surface assez grande.

Il faut pratiquer dans tout linteau une rainure d'égouttage d'environ 6 mm de large sur 6 mm de profondeur, le long de la face inférieure du linteau, et à environ 25 mm du bord externe. Cette rainure empêche l'eau de retourner s'infiltrer dans le mur. La figure 65 montre sa position.

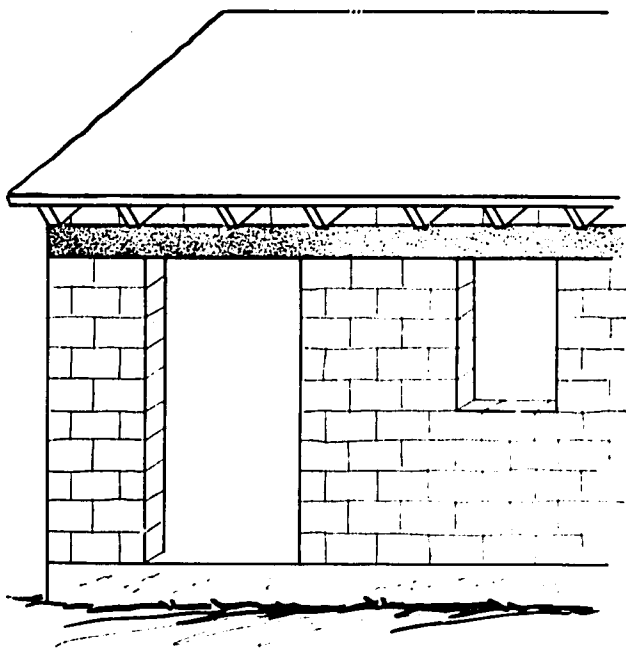


69. *Poutre de cèdre utilisée comme linteau dans une vieille maison de Ysleta (Texas).*

La figure 69 représente un linteau fait d'une poutre de cèdre. Cette méthode était courante il y a plus d'un siècle lorsque ce bâtiment fut construit, et elle est toujours valable. Les traverses de chemin de fer font aussi de bons linteaux car elles sont solides et généralement traitées contre les termites.

CHAINAGES. — Les chaînages servent à renforcer le sommet du mur de terre pour l'aider à porter le toit (voir figure 68). Ils répartissent la charge et assurent la cohésion du haut des murs. Si la maison est à plafond bas, le chaînage peut également servir de linteau (voir figure 70). La largeur du chaînage doit être égale à l'épaisseur du mur, et on le fixera au mur par des goujons ou un moyen d'ancrage analogue. Le chaînage peut être en bois ou en béton armé. Les poutres-chaînages doivent être posées sur une mince couche de mortier au-dessus de la dernière rangée de parpaings. Les chaînages en béton (ainsi que les linteaux) peuvent être coulés sur place au sommet du mur terminé (voir figure 71). On utilisera des banches solides ne se déformant pas. Si l'on construit un toit à charpente, on scellera des goujons dans le béton pour soutenir le toit.

ARMATURE. — Les meilleures maisons comportent en outre une armature, et cela devrait toujours être le cas dans les régions de tremblements de terre ou de vents violents. Le type le plus courant, pour un mur en maçonnerie, utilise des fers ou un grillage que l'on place dans un certain nombre de joints horizontaux. Ils sont encastrés dans le mortier, et servent également à empêcher les fissures de retrait. On arme en général un joint sur six au moins.



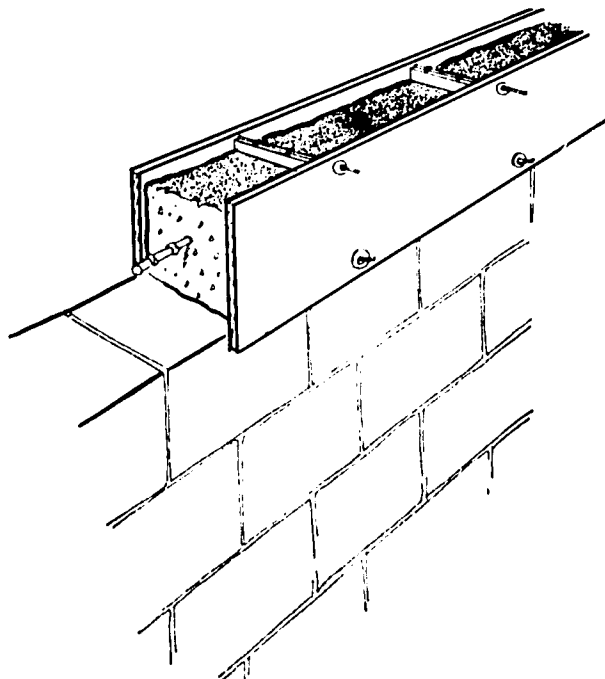
70. *Chânage servant de linteaux, en béton armé, utilisable pour les maisons à plafond bas.*

En outre, il faut normalement renforcer les joints horizontaux situés juste en-dessous des seuils de fenêtres. Comme une fenêtre est un point faible du mur, la plupart des ruptures de la structure se produisent à l'angle des fenêtres. Au-dessus de la fenêtre l'armature n'est pas nécessaire si l'on a un linteau robuste. On pose quelquefois des fers dans les joints de mortier aux angles des murs et au point de raccordement des murs intérieurs avec les murs extérieurs. L'armature peut être constituée par des barres d'acier que l'on coude à l'angle voulu.

Pour les immeubles à deux niveaux en particulier, on peut accroître la solidité de la structure grâce aux fers d'armature verticaux. Pour la plupart des murs en maçonnerie cela suppose que l'on fore un trou à travers les parpaings et que l'on scelle le fer dans les parpaings. En général cette armature verticale n'est utilisée que dans les régions sujettes à de violents tremblements de terre.

STRUCTURES CONÇUES EN FONCTION DES TREMBLEMENTS DE TERRE. — Dans les régions où les tremblements de terre sont fréquents, on doit observer les règles suivantes :

1. Le bâtiment doit être compact et rectangulaire, de façon à minimiser les effets des chocs.



71. *Modèle de banches servant à couler les chaînages et linteaux en béton sur le mur.*

2. Il est nécessaire de jeter des fondations continues, en béton armé, qui reposent sur un sol résistant ou compacté.

3. Les murs des bâtiments à un niveau doivent avoir au moins 30 cm d'épaisseur pour les murs extérieurs et 20 cm pour les murs intérieurs. Pour un bâtiment à deux niveaux, ces chiffres seront respectivement de 45 et 30 cm, pour le premier niveau, et le second niveau devra avoir une charpente en bois. La construction plus légère du premier étage diminue les dangers présentés par les tremblements de terre.

4. Renforcement des joints de mortier. On placera des fers ou un grillage tous les 4 ou 5 joints horizontaux, les armatures se recouvrant aux angles. Lorsque l'on fait un revêtement de surface, on peut améliorer cette méthode en posant sur une largeur de 1,2 à 1,8 mètres un grillage de 25 mm de maille tous les 6 joints. La largeur dépassant du joint est repliée contre le mur et fixée sur lui. Le grillage facilite l'accrochage du plâtre.

MURS INTÉRIEURS. — Le constructeur dispose de différents matériaux pour faire les murs intérieurs du bâtiment. On peut les

construire avec la même terre que celle qui a été utilisée pour les murs extérieurs. Normalement les murs intérieurs n'ont pas besoin d'être aussi épais et solides, ni de pouvoir résister aux intempéries. Néanmoins il faut qu'ils résistent à l'abrasion, et un revêtement de plâtre dur est souhaitable.

CHAPITRE XI

CONSTRUCTION DES MURS EN TERRE DAMÉE

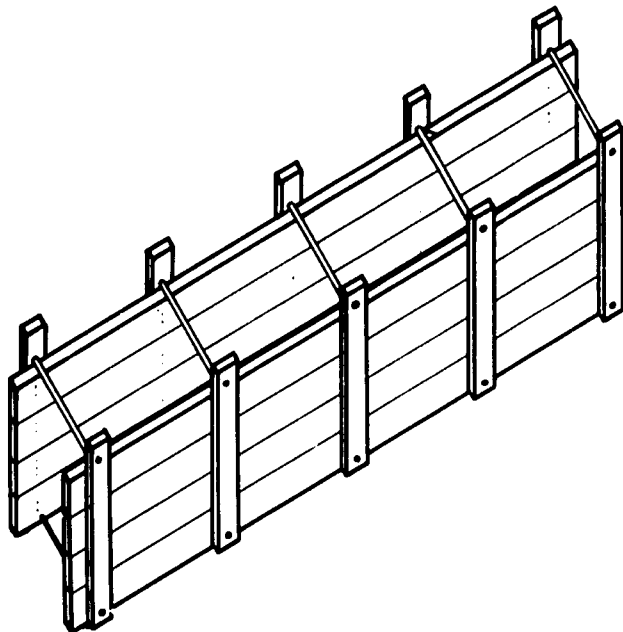
On peut dire qu'un mur de terre damée est un gros bloc de terre agglomérée. Comme il est beaucoup plus gros qu'un parpaing, et qu'on le monte directement au-dessus du mur de fondation, il est plus difficile de le réussir. Mais, si on le fait bien, on aura économisé beaucoup d'efforts. Il n'est pas nécessaire de déplacer alentour toute une quantité de blocs, puis d'en monter le mur. Un mur de terre damée est aussi bon qu'un mur en parpaings agglomérés.

Il ne faut pas entreprendre la construction d'un maison en terre damée avant de savoir exactement ce qu'il faut faire. Cela vaut la peine de passer un certain temps à étudier le présent chapitre avant de commencer.

Après avoir trouvé un type de sol qui convient pour la terre damée, la chose la plus importante à faire est de fabriquer des **banches** dans lesquelles on tassera la terre. Ensuite le plus important est de bien damer la terre.

FABRICATION DES COFFRAGES. — Les coffrages pour terre damée sont très semblables à ceux utilisés pour couler le béton. Ce sont des boîtes rectangulaires sans fond ni couvercle dans lesquelles on tasse la terre. Ils doivent être robustes car ils auront beaucoup à supporter avant que les murs ne soient terminés. Comme il faudra les déplacer souvent, ils doivent être assez légers pour que deux hommes puissent les soulever.

Les coffrages peuvent être métalliques mais, comme la plupart des constructeurs préfèrent utiliser des coffrages en bois, nous ne parlerons que de ces derniers. On peut fabriquer un coffrage simple analogue à celui de la figure 72. Il est fait de planches de 50 mm d'épaisseur (50×150, 50×200 ou 50×250 mm) cloués sur des montants ou de 50×100 mm espacés de 60 à 90 cm. Il faut deux panneaux traverses et plusieurs boulons longs (70 à 75 cm), d'un diamètre de 16 mm pour fixer les panneaux l'un à l'autre. Les boulons doivent être assez longs pour traverser les coffrages et les



72. Coffrages pour damage.

montants et pour que leur partie filetée dépasse encore d'environ 50 mm. Lorsque l'on enlève les banches on chasse les boulons du mur et on remplit les trous avec de la terre bien tassée.

Le coffrage de la figure 72 est destiné aux portions rectilignes du mur. Pour faire les angles, on fabriquera, avec le même bois, des coffrages spéciaux d'une forme analogue à celle de la figure 74.

Pour construire le mur de terre battue, on serre étroitement le bas des banches sur le mur de fondation ou sur la portion terminée du mur de terre. Si l'épaisseur de ceux-ci est correcte, l'écartement des banches à la base sera également correct. Pour maintenir l'écartement du haut, on placera des cales de 50×70 mm, de longueur exactement égale à l'épaisseur du mur.

Pour empêcher la terre de sortir des coffrages aux extrémités on utilise des portes d'arrêt de même épaisseur que les autres panneaux, soit 50 mm dans notre cas. Elles servent également à maintenir l'écartement aux extrémités du coffrage, et leur largeur doit être égale à l'épaisseur du mur. Dans la plupart des cas on les pose à l'extrémité du coffrage, mais elles doivent pouvoir se mettre à n'importe quel endroit au cas où l'on aurait à faire une courte section de mur. On tâchera de les placer à au moins 20 cm des boulons les plus proches car, si on ne laisse pas un intervalle suffisant, il sera difficile de damer le sol convenablement.

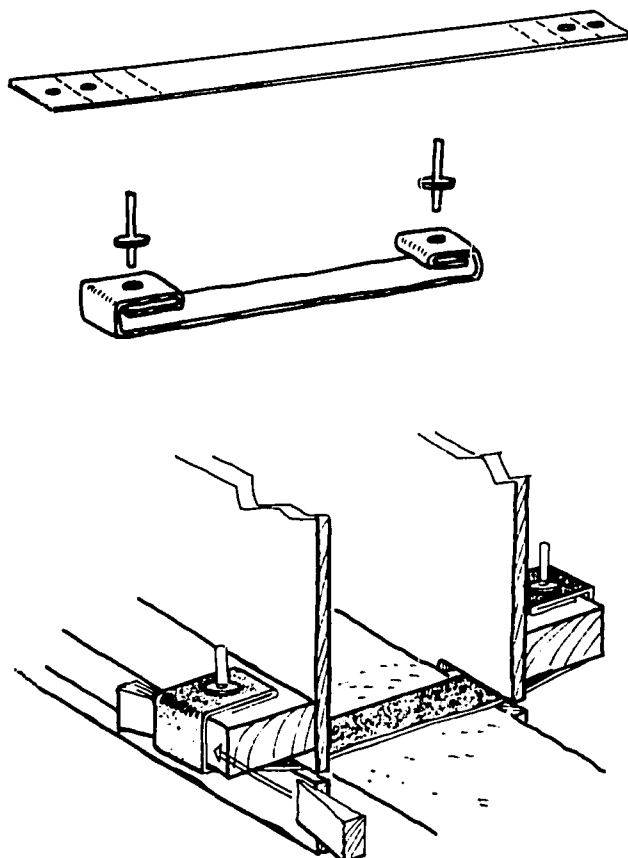
On clouera toujours au milieu du côté intérieur des portes un barreau vertical chanfreiné, de sorte que lorsqu'on damera la terre il se forme une rainure à l'extrémité du mur. Lorsqu'on passera à la section suivante, cette rainure se remplira de terre et on formera une bonne liaison entre les deux sections voisines.



73. Coffrages droits pour murs en terre damée.



74. Coffrages d'angle en contreplaqué pour murs en terre damée.

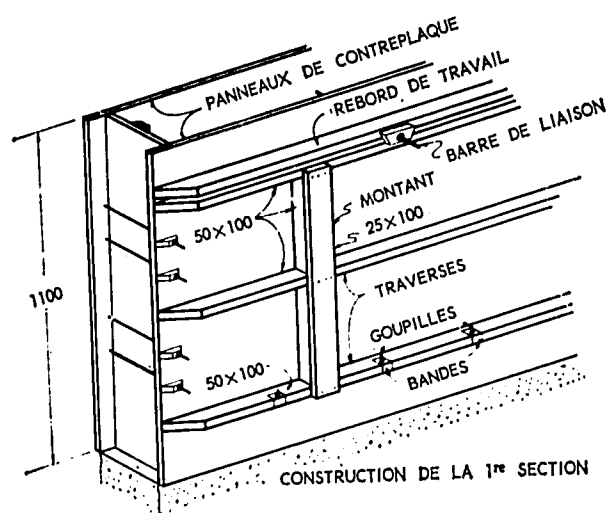


75. Utilisation de bandes métalliques au lieu de boulons pour relier les pièces du coffrage.

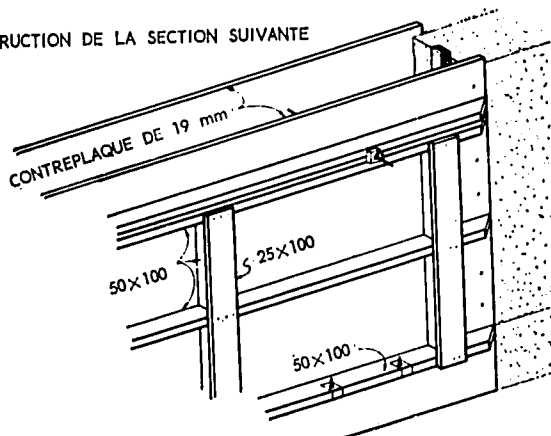
Le coffrage de la figure 72 est un peu lourd pour être manipulé par deux hommes. Si l'on en fait un plus petit, il sera évidemment plus léger, mais il faudra le déplacer plus souvent.

Le contreplaqué de 25 mm est aussi bon que le bois de charpente de 50 mm, et donne des coffrages plus légers. Il faut cependant qu'il soit mieux entretoisé. On utilisera des barres de 50×100 mm tous les 45 cm dans les deux sens. Les boulons doivent avoir au moins 13 mm de diamètre. Les figures 73 et 75 représentent des coffrages en contreplaqué.

Le contreplaqué facilite la fabrication des banches, mais il est aussi plus cher que le bois de charpente et on peut avoir du mal à s'en procurer. Il donne de beaux murs bien lisses, mais prend facilement des marques si on le frappe accidentellement avec un angle de la dame.



CONSTRUCTION DE LA SECTION SUIVANTE



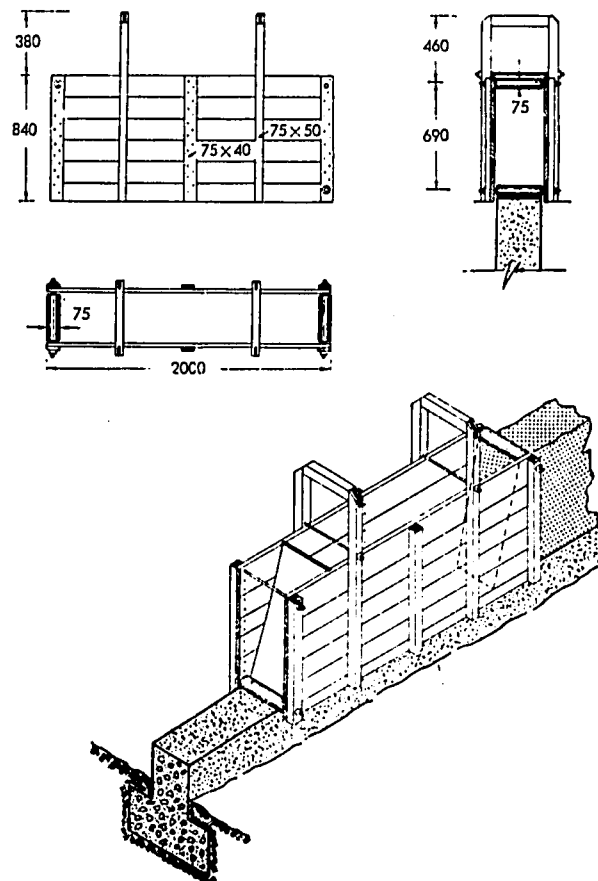
76. *Coffrages spécialement conçus pour l'utilisation des bandes métalliques de la figure 75 (cotes en mm.)*

On peut, bien entendu, utiliser du bois d'épaisseur différente, pour l'écartement des boulons et entretoises on pourra se baser sur les figures 72, 73 et 74.

A la place des boulons, qu'il peut être difficile de se procurer, on peut utiliser, pour tenir les coffrages, des bandes métalliques. On découpe une petite fente dans les panneaux pour le passage des bandes, et on fixe les bandes sur les banches avec des chevilles métalliques, ou de gros clous, puis on les tend avec des cales (voir figure 75). Au lieu d'enlever les bandes du mur comme on le fait pour des bou-

lons, on les laisse en place. Si l'on compte poser ultérieurement un revêtement de plâtre on les laissera dépasser un peu du mur pour servir de point d'accrochage. Sinon on les coupe à ras du mur. Evidemment il faut beaucoup de ces bandes, mais elles ne sont pas chères. On peut les découper dans une tôle mince ou même dans des bidons de métal assez épais. La figure 76 représente un coffrage spécialement conçu pour être utilisé avec ces bandes métalliques.

La figure 77 représente un autre type de coffrage qui a été utilisé. Les entretoises supérieures et les montants correspondants sont assez solides pour maintenir à la bonne distance le bas des deux panneaux. On n'a besoin que de quelques boulons et l'on n'a pas l'ennui de retirer les boulons du murs. Mais ces coffrages sont plus difficiles à fabriquer et doivent être robustes. Leur usage n'est recommandé qu'à des constructeurs qualifiés.



77. Coffrage pour damage.

Voici quelques indications utiles pour la fabrication des coffrages :

1. Ne pas faire des coffrages ayant plus de 60 à 75 cm de profondeur, car il serait alors difficile de damer correctement la terre au fond du coffrage.
2. Utiliser du bois sec. Le bois vert travaille.
3. Huiler les coffrages avec une huile légère. Ceci évite le gauchissement et empêche la terre de coller au bois.
4. Lorsqu'on n'utilise pas les coffrages, il faut les conserver à plat dans un endroit abrité et bien drainé pour éviter que le bois ne travaille.
5. L'une des extrémités des boulons devrait être façonnée en forme de manivelle (fig. 78).
6. On peut visser et dévisser les boulons à la manivelle plus vite qu'on ne peut faire tourner les écrous avec une clé.
7. Si l'on construit plusieurs maisons, on recouvrira l'intérieur des coffrages d'une tôle mince. Ils dureront deux fois plus longtemps.
8. Enfoncer à moitié quelques clous dans les cales d'écartement, puis les rabattre sur un boulon comme le montre la figure 78. Lorsqu'on montera le coffrage on fera passer les boulons dans les crochets ainsi formés, ce qui maintiendra la cale en place pendant qu'on serre les boulons.
9. Si l'on ne peut pas trouver de boulons convenables, on peut

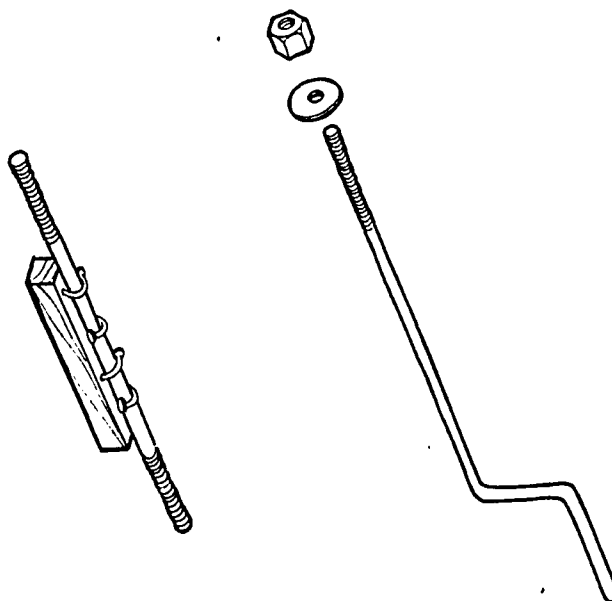


FIG. 78

utiliser du gros fils de fer pour tenir les coffrages. On enroulera le fil de fer sur les montants et on le tendra par torsion avec une clé (tige d'acier ou gros clou). Pour enlever le coffrage couper le fil à ras du mur.

10. Pour les endroits du mur où se trouve un angle vif, on clouera une petite languette de bois à 45 degrés au coin intérieur du coffrage. Cette languette de « chanfreinage » sert à « arrondir » les angles aigus.

Dames pour tasser la terre

La plupart des dames ou pilons pour terre damée sont à main, mais on peut tasser le sol plus vite avec une dame pneumatique, encore que le matériel nécessaire soit cher.

DAMES A MAIN. — Le poids de la dame est très important. Plus elle est lourde, et plus vite on tasse la terre. Aussi utilisera-t-on les dames les plus lourdes que les ouvriers puissent soulever tout au long de la journée sans fatigue excessive. Les ouvriers de petite taille ne peuvent soulever des dames de plus de 7 à 8 kg pendant longtemps sans se fatiguer. Des hommes plus grands peuvent éventuellement travailler efficacement avec des dames de 10 à 15 kg.

Les dimensions de la surface de frappe dépendent du poids de la dame. On pourra suivre la règle suivante : la dame devra peser 150 g par cm² de surface de frappe. Une dame de dimension 7,5×7,5 cm (taille la plus courante) pèsera 8 kg environ. Pour 10×10 cm on arrive à 15 kg.

La dame carrée à surface de frappe plane est la meilleure. Les dames rondes et autres abiment moins les banches mais ne dament pas aussi bien. Si l'on veut, on peut faire quelques dames de forme spéciale pour tasser la terre sur de petites surfaces par exemple près des portes de la banche.

La figure 79 représente une dame robuste et facile à fabriquer. On peut également faire des dames en bois mais elle sont plus difficiles à utiliser car encombrantes. La surface de frappe des dames en bois doit être recouverte d'une plaque métallique pour éviter qu'elle ne s'use trop rapidement ou ne se fende.

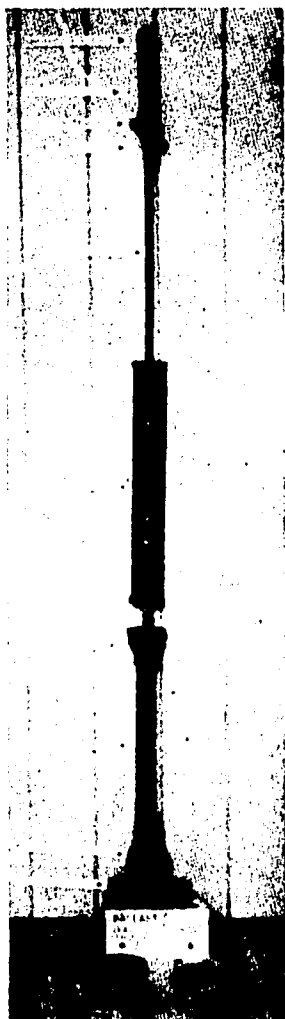
La figure 79 montre également un modèle de dame pour deux ouvriers, à poids coulissant, qui a donné de bons résultats. Il est plus facile de frapper à un endroit précis, et il y a par suite moins de risques qu'avec une dame ordinaire d'endommager les banches.

DAMES PNEUMATIQUES. — Avec une dame pneumatique, il faut pour tasser la terre la moitié ou le tiers du temps nécessaire à le faire à la main. Il en existe différents modèles. On en prendra un léger, ne pesant pas plus de 11 à 14 kg. Ce doit être un appareil

à longue course, n'exigent qu'une alimentation en air modérée, et qui ait une frappe puissante.

Il est nécessaire d'avoir une pression d'air constante d'environ 5 kg/cm². Un compresseur ayant un débit de 40 à 50 m³/h (d'air non comprimé) permet de faire fonctionner une dame.

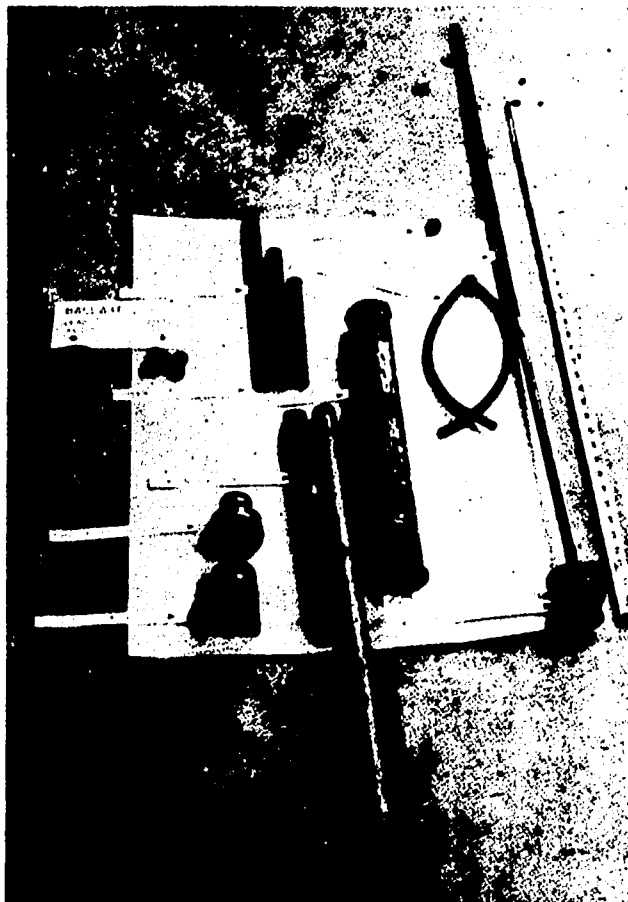
ÉPAISSEUR DES COUCHES DE TERRE DAMÉE. — Un bon mur de terre battue doit être bien tassé du haut en bas. Une couche trop épaisse sera insuffisamment tassée à la partie inférieure, et s'érodera sous l'effet de la pluie.



79^b. Dame à masse



79^a. Dame normale, coulissante (montée).



79°. Dame à masse coulissante (démontée).

Les couches de terre **non comprimée** ne doivent pas avoir, avant damage, une épaisseur qui excède de plus de 25 mm la longueur du côté de la surface de frappe de la dame. C'est ainsi qu'on ne doit pas damer des couches de plus de 10 cm d'épaisseur avec une dame carrée de $7,5 \times 7,5$ cm. Après damage la couche de 10 cm doit avoir environ 6,5 cm d'épaisseur.

MÉTHODE DE CONSTRUCTION. — La méthode de construction des murs en terre damée est très analogue à celle utilisée pour les parpaings. La première chose à faire est de poser, si nécessaire, un blindage contre les termites. On le replie à plat sur le côté du mur de fondation. Puis on place les coffrages sur le mur de fondation, on les serre sur lui grâce aux boulons du bas, aux fils de fer

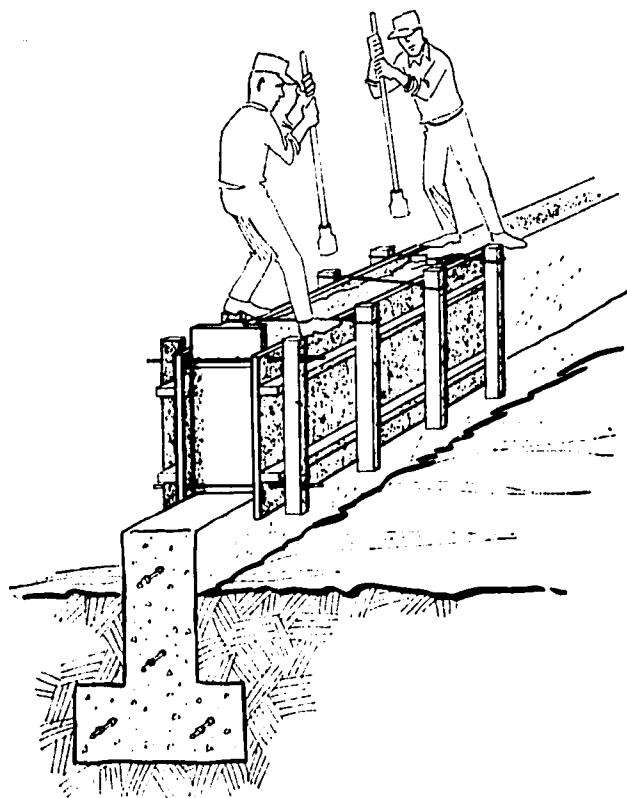


FIG. 80

ou tout autre moyen. On met en place les portes aux extrémités, ainsi que les cales, puis on serre la rangée supérieure de boulons. On est alors prêt à damer. La figure 80 représente un mur de terre damée en cours de construction.

Lorsqu'on a terminé une section, on déplace les coffrages, on les fixe solidement à leur nouvel emplacement, et on recommence le damage. Il faut damer une première hauteur tout autour de la maison avant de passer à la couche supérieure. On décalera les joints verticaux entre sections, comme pour les parpaings, de façon à ne pas avoir tous les points faibles le long d'une seule verticale. La figure 81 illustre le principe.

La figure 81 montre également le barreau chanfreiné, sur la porte, qui permet une bonne liaison verticale entre sections.

Les premières sections à pilonner sont les angles de la maison. **On vérifiera tout particulièrement que les coffrages d'angle sont parfaitement d'aplomb.** Ceci est extrêmement important et doit être

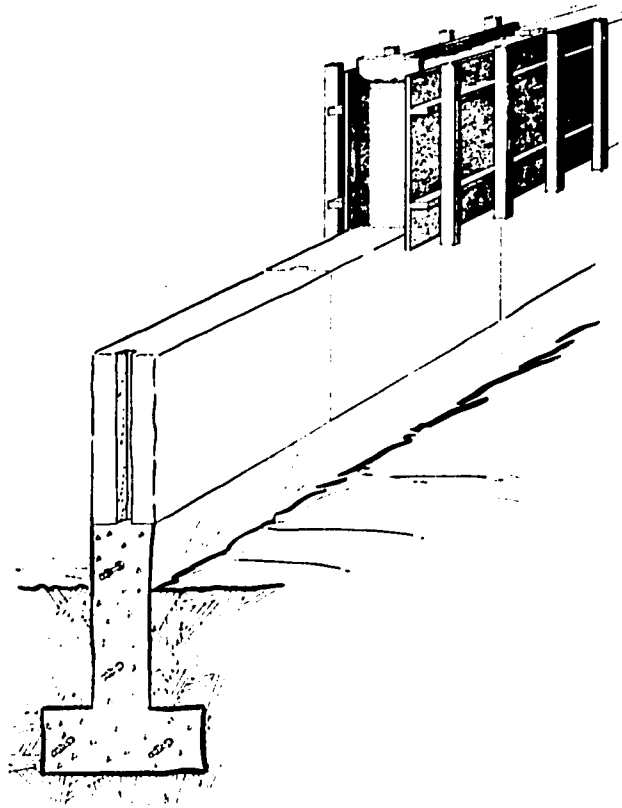


FIG. 81

vérifié fréquemment. UN MUR DE TERRE DAMÉE QUI N'EST PAS VERTICAL NE PEUT PLUS ÊTRE REDRESSÉ.

A l'aide de cordes tendues entre les angles on alignera les coffrages pour obtenir des murs rectilignes. La méthode de la figure 61 est bonne, mais il faut que la corde soit un peu plus haute que le coffrage de façon à ne pas le toucher.

On protégera les portions que l'on vient de construire jusqu'à ce qu'elles aient durci. La nuit, et lorsque la pluie menace, on protégera les murs exposés à la pluie avec des paillasons, du tissu épais, ou du papier imperméabilisé. Il est important de protéger le sommet des murs, car c'est par là que l'érosion commence. On protégera également les murs de terre stabilisés avec du ciment, de la chaux, ou un autre stabilisant de liaison, en les maintenant humides pendant toute la période de cure. Les paillasons ou les sacs, que l'on mouille plusieurs fois par jour, conviennent bien.

Certains sols, surtout les plus sableux, peuvent avoir tendance à

s'effriter lorsque l'on dame la section qui se trouve au-dessus. Dans ce cas il faut attendre que la couche inférieure soit devenue assez solide pour que cela ne se produise pas. Pour les sols stabilisés au ciment on attendra si possible 3 ou 4 jours. D'une façon générale on peut damer au-dessus d'une portion de mur à condition que celui-ci ne s'effrite ni ne se fissure.

Avant de passer à une nouvelle section, on tracera sur le sommet de la section inférieure des sillons de 10 à 15 mm de profondeur avec une pointe de bois ou d'acier (en arrosant si la terre est trop sèche). Ces sillons permettront d'obtenir une meilleure liaison entre les couches successives.

NOMBRE D'OUVRIERS. — Une fois que le mélange est prêt, on peut employer 2 à 4 ouvriers pour construire le mur. On peut en faire damer deux à la fois mais, si les coffrages sont courts, un ouvrier unique aura un meilleur rendement. Il faut un ouvrier pour pelleter le mélange dans les coffrages. Un ouvrier approvisionné en terre peut damer environ 0,1 m³ de terre à l'heure.

Comme les ouvriers qui dament sont debout dans les coffrages, ils n'ont pas besoin d'échafaudages ou de supports. Mais ceux-ci peuvent devenir nécessaires, quand le mur monte, pour l'ouvrier qui remplit les banches à la pelle. Un ouvrier, qui est en bas, envoie à la pelle le mélange sur l'échafaudage. Ceci nécessite donc trois ou quatre ouvriers. Il est également possible que l'ouvrier qui dame la terre monte dans un seau la terre dont il a besoin puis la déverse dans les coffrages.

Les échafaudages et supports sont également nécessaires, lorsque le mur est haut, pour déplacer les coffrages.

DAMAGE DU SOL. — **Quelle que soit la qualité du mélange de sols, une maison en terre damée ne durera pas longtemps si elle n'est pas assez damée ou si la teneur en humidité du mélange n'est pas correcte.** Les deux vont ensemble car, si la teneur en humidité n'est pas correcte, on ne pourra pas tasser convenablement la terre. C'est pourquoi il faut contrôler souvent l'humidité, non seulement pendant le mélange mais pendant le damage. Les mélanges trop humides ou trop secs doivent être remélangés. Les mélanges stabilisés au ciment et qui ont séché **ne doivent pas être utilisés.**

Il faut damer chaque couche jusqu'à ce que le bruit produit par le choc de la dame, qui est au commencement un bruit sourd, soit devenu un son clair et vibrant.

Les ouvriers qui dament ont un travail ardu mais important. Il faut contrôler fréquemment leur travail. Une méthode simple de rechercher les points faibles consiste à planter la lame d'un solide couteau en divers points de la couche damée. Si l'on trouve des points faibles il faudra les damer davantage. Les endroits à vérifier spécialement sont la bordure (au voisinage des coffrages), les angles, et autour des barres chanfreinées fixées aux portes.

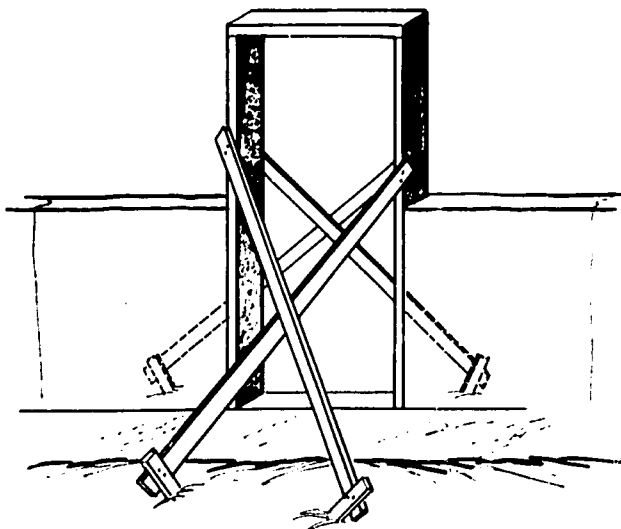


FIG. 82

Si la dame ne sonne pas, quel que soit le nombre de coups donnés, c'est qu'il y a quelque chose qui ne va pas dans le mélange. Probablement est-il trop humide, et il faut le contrôler sérieusement.

OUVERTURES DES PORTES ET FENÊTRES. — Il existe deux moyens, dans la construction en terre damée, pour obtenir les ouvertures des portes et fenêtres. Le premier consiste à poser tout d'abord les châssis de portes et de fenêtres et à damer la terre autour. Dans ce cas il faut étayer solidement le châssis, comme le montre la figure 82, sinon il se déplacera sous l'effet des pressions élevées produites par le damage. On entretoisera également les châssis en diagonale, de façon que les coins restent d'équerre. Les châssis doivent avoir une largeur égale à l'épaisseur du mur, et porter des tenons qui, encastés dans le mur, les fixeront solidement à celui-ci.

L'autre méthode consiste à damer tout d'abord la terre en laissant une ouverture dans le mur pour les châssis. Dans ce cas on enlève la barre chanfreinée qui est sur la porte du coffrage, puis on met cette porte en place avec précision à l'endroit où l'ouverture commence. On encastre dans le mur des blocs de bois qui serviront ultérieurement à fixer les châssis par clouage. Ces blocs sont posés au-dessus de chaque couche damée, contre la portée. On dame la couche suivante autour du bloc pour bien le maintenir en place. La figure 83 montre le résultat que l'on obtient, ainsi qu'une variante consistant à utiliser un seul montant de bois de la hauteur de l'ouverture. Ce montant est cloué à la porte du coffrage, mais pas trop solidement afin qu'on puisse facilement enlever la porte après

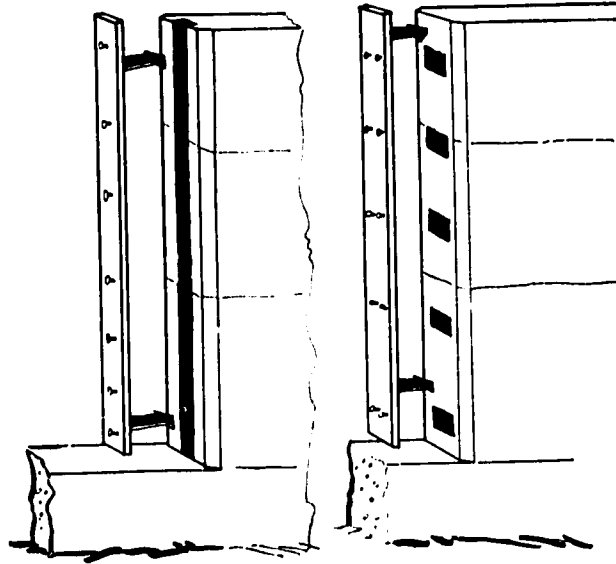


FIG. 83

avoir terminé la section. Dans les deux derniers cas il n'est pas nécessaire que la largeur des châssis soit égale à l'épaisseur du mur, mais il faut alors chanfreiner les angles vifs du mur, comme expliqué à la page 119.

La situation suivante se présente parfois :

On veut damer une courte longueur de mur (disons un mètre) adjacente à une ouverture de fenêtre, et l'on craint que la pression produite par le damage ne fasse glisser cette section du côté non soutenu. Pour éviter cela on accrochera solidement cette section au mur situé de l'autre côté de la fenêtre ou à des piquets plantés dans le sol.

Si une section glisse, il faut la démolir et la reconstruire.

APPUI DE FENÊTRES. — Pour les appuis de fenêtres on suivra, pour la terre damée, les mêmes règles que pour les blocs agglomérés.

LINTEAUX ET ENTRAITS. — On pose les linteaux et entrails comme dans le cas des murs en blocs agglomérés.

Il y a cependant une précaution à prendre. La pression de damage au-dessus d'un linteau risque de casser celui-ci ou de lui donner une flèche permanente. Pour éviter cela, on pose des étais solides sous le linteau pendant le damage (fig. 84) ou bien l'on conçoit le bâtiment de façon qu'il n'y ait pas de portion de mur de terre au-dessus des portes et fenêtres, ce que l'on préfère souvent faire.

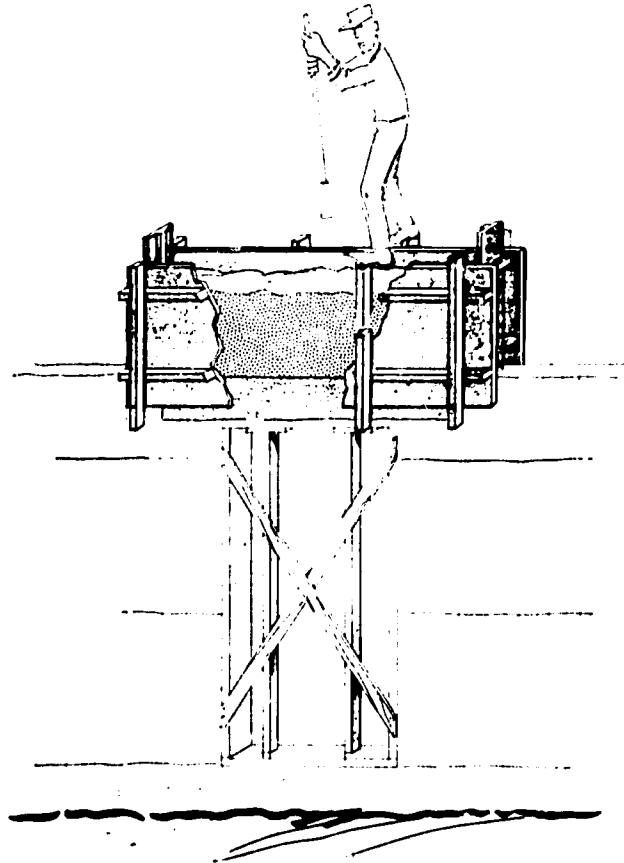


FIG. 84

ARMATURE. — On peut utiliser le fil de fer barbelé, la toile métallique, ou de petits fers d'armature pour renforcer les murs de terre damée, ce qui est en particulier nécessaire dans les régions sujettes aux tremblements de terre ou aux vents violents, et si le bâtiment est en terre stabilisée. L'armature n'est pas aussi efficace pour les murs en matériau non stabilisé. La résistance du mur est toujours accrue par un renforcement des encadrements de portes et fenêtres, car celui-ci évitera la formation de fissures en ces points.

L'armature ne doit pas se trouver à moins de 5 cm de la paroi du mur. On la posera en longueur légèrement supérieure à la longueur des coffrages, en repliant la partie qui dépasse le long des portes, de façon qu'une fois redressée, la porte étant enlevée, elle pénètre dans la section de mur suivante. On fixera solidement l'armature de la nouvelle section à la partie qui dépasse de l'armature de la section précédente.

CHAPITRE XII

LES TOITS DES MAISONS DE TERRE

On peut poser sur les maisons de terre tous les genres de toits que l'on pose sur les maisons normales. On utilise souvent le chaume ou la tôle. Il est cependant souvent moins cher de construire un toit en terre.

Il existe trois types de toits en terre :

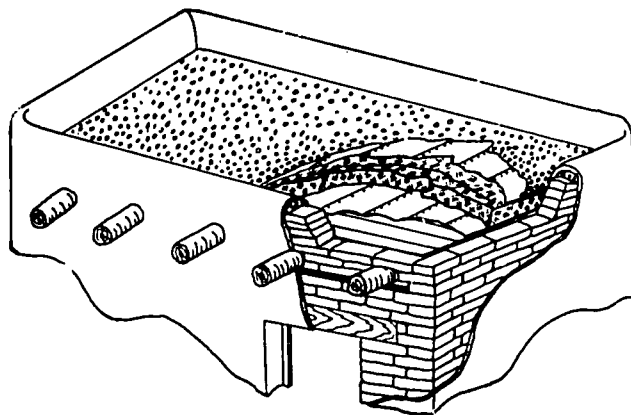
1. Les toits en terrasse à remplissage de terre.
2. Les toits en arcs ou voûtes.
3. Les toits en tuiles de terre sur charpente.

Un toit de terre doit :

1. Etre assez solide pour ne pas bouger.
2. Ne pas présenter de fuites.
3. Protéger les murs contre le ruissellement de l'eau qui descend du toit.

TOITS EN TERRASSE. — Un toit en terrasse est un toit plat supporté par de grosses poutres (appelées parfois vigas aux E.U.) sur lesquelles on dame une couverture de terre (voir figure 85). Les supports peuvent être des poutres équarries ou des troncs de petits arbres, de 15 à 20 cm de diamètre, espacés d'environ 75 cm. Pour les grands bâtiments, tels que l'école de la figure 86, on peut prendre des troncs plus gros, de 25 à 30 cm de diamètre. L'alternance du sens dans lequel sont posés les troncs donne une certaine élégance aux plafonds. D'ailleurs, si toutes les extrémités étroites se trouvaient du même côté, celui-ci serait moins solide que l'autre. On donne une certaine inclinaison aux poutres pour que le toit terminé ait une pente d'environ 40/1 000^{es}.

Sur les poutres on pose une garniture destinée à porter la couverture de terre. Ce peuvent être des planches de 25 mm, des tiges de bambou, voire des troncs d'arbrisseaux comme sur la figure 87. On pose cette garniture en diagonale, du centre d'une poutre au centre de l'autre, ce qui compense les inégalités des troncs. Par-dessus on pose une couche d'épais papier kraft ou de paille pour empêcher la terre de tomber à travers le plafond.



85. *L'écorché de ce toit en terrasse à remplissage de terre en montre la structure en couches. A partir du haut on trouve : le gravier et l'asphalte ; le papier fort ; le remplissage de terre ; le papier fort ; la garniture de support ; les poutres (vigas).*

Au-dessus de tout ceci on fait une couverture en terre damée, dont l'épaisseur, après damage, est d'au moins 10 cm. L'épaisseur de chaque couche de terre meuble dépend de la taille et du poids de la dame.

Le type de sol utilisé pour les toits en terrasse est le même que celui qui convient à la terre damée. Les sols argileux se contractent et se fissurent, laissant alors l'eau s'infiltrer. Il sera souvent payant



86. *Les extrémités larges et étroites de ces poutres (vigas) ont été alternées pour en équilibrer l'aspect.*



87. *Pour compenser les inégalités de niveau du sommet des poutres, on place les baguettes de support en diagonale. Remarquer la paille qui empêche le remplissage de terre de s'infiltrer à travers le plafond.*

d'ajouter au matériau un stabilisant tel que le ciment, la chaux, ou une émulsion d'asphalte. On peut aussi ajouter de l'huile ou de l'asphalte à la dernière épaisseur de terre à damer. Après avoir laissé pénétrer l'huile pendant quelques minutes, on dame pour obtenir une couche dense et étanche.

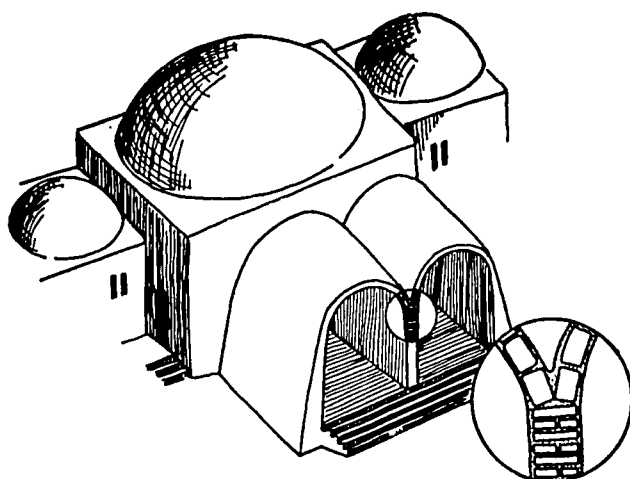
Il peut être nécessaire, sous les climats très pluvieux, de protéger la surface du toit. On diminue l'érosion due à la pluie en étalant une couche de gravier, qui sera avantageusement fixée par une couche d'asphalte.

Il ne faut pas que l'eau puisse descendre du toit le long des murs. Une goutte, ou un tuyau, débordant au-delà du mur résoudra le problème. Une demi-tige de bambou, ou une gouttière en bois ou en tôle conviennent très bien. La goutte doit dépasser d'au moins 60 cm à l'extérieur des murs.

TOITS PARABOLIQUES (fig. 88). — On utilise ces toits là où le bois de charpente est rare. Il faut une certaine habileté pour les construire, mais dans certaines régions on en fait depuis des siècles et les maçons savent s'y prendre.

Les toits en arcs, voûtes ou dômes se font en général en briques cuites, mais on a de bonnes raisons de penser que des blocs de terre bien stabilisée conviendraient également.

Les murs extérieurs de la maison doivent être assez solides pour résister à la poussée dirigée vers l'extérieur que leur font subir les voûtes ou les dômes. Dans la plupart des cas on fait des murs très épais — 60 à 90 cm — selon la portée entre les murs. On place souvent les



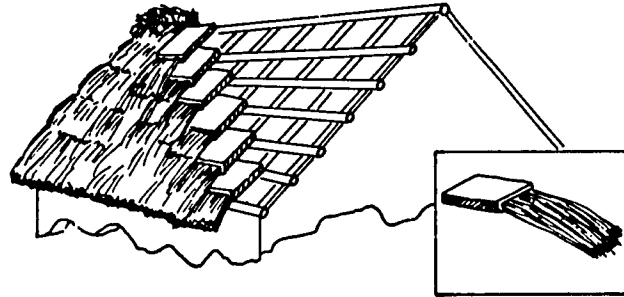
88. *On a utilisé ce style de toits en domes et voûtes dans le projet de reconstruction de New Gournà (Egypte).*

pièces dos à dos, mais cela n'élimine pas les contraintes sur les murs extérieurs qui doivent quand même être très épais. Un chaînage en béton armé augmente considérablement la résistance et permet de réduire l'épaisseur des murs. Il faut cependant confier la conception et le calcul des murs et du chaînage à un ingénieur compétent en résistance des matériaux.

On utilise en général pour sceller les briques ou les blocs de terre stabilisée d'un arc, d'une voûte, ou d'un dôme, un mortier à prise rapide. Dans beaucoup de pays du Moyen-Orient, on utilise couramment un mortier au plâtre. Si l'on se sert d'un mortier de ciment ou de chaux, il faut installer un coffrage pour maintenir les briques jusqu'à ce que le mortier ait pris. C'est en général trop cher pour la construction de petites maisons.

Si l'on désire faire un toit de ce type, il faut demander à une personne qui en a déjà construit les indications nécessaires au projet.

TOITS EN TUILES DE TERRE. — On a également fait des toits en tuiles de terre, lesquelles peuvent être fabriquées à la machine à comprimer les parpaings (avec une cale de remplissage), ou en adobe séché au soleil. Dans les deux cas il vaut mieux que la terre soit stabilisée. On pose les tuiles sur une charpente en bois, exactement comme des bardeaux. Les tuiles doivent avoir 4 ou 5 cm d'épaisseur, et environ 30 cm de longueur. On fait de bonnes tuiles (séchées au soleil) en y encastrant une « queue » de chaume (voir figure 89) ou d'herbe. Ce chaume protège les tuiles de l'érosion par la pluie, et assure l'isolation thermique de l'intérieur de la maison.



89. *Des toits en tuiles à chaume analogues ont été essayés avec succès aux Indes.*

Les meilleures tuiles de terre sont faites en sol stabilisé. La chaux, le ciment et l'asphalte conviennent bien. Comme elles sont minces, les tuiles doivent très bien résister à l'essai d'arrosage.

Il faut que la charpente du toit soit assez solide pour en supporter le poids. Il faut aussi placer des lattes de bois à intervalle tel que chaque tuile repose sur deux lattes, directement ou indirectement. On ménage souvent dans les tuiles une rainure près du bord supérieur, rainure qui permet d'accrocher solidement la tuile sur la latte.

CHAPITRE XIII

PLANCHERS

Les meilleurs planchers pour une maison de terre sont, bien sûr, la dalle en béton, le plancher en bois, ou le sol en carreaux de ciment ou terre cuite. Cependant, dans certaines régions où on ne trouve pas de sable et de gravier pour faire du béton, où le bois est rare, et où l'on ne trouve pas de carreaux dans le commerce, on peut leur substituer un sol en terre. La terre bien battue, ou les carreaux en terre stabilisée à grande résistance, donnent des planchers suffisamment durables. Il faut mettre davantage de stabilisant dans les planchers, si l'on veut qu'ils durent, car ce sont eux qui subissent la plus forte usure de toute la maison. Même dans les huttes primitives, on introduit une huile ou une graisse quelconque dans le sol pour le stabiliser.

NATURE DU SOL A UTILISER POUR LES PLANCHERS EN TERRE. — On utilisera, pour faire les planchers en terre, le même sol que pour bâtir la maison, mais on y ajoutera un supplément de stabilisant.

Le plancher doit résister aux lavages et doit être solide et durable.

Les meilleurs stabilisants sont la chaux et le ciment Portland. Les émulsions d'asphalte donnent aussi de bons résultats, mais la couleur foncée peut être un inconvénient. On a également utilisé des cendres de bois et même du sang d'animaux.

PLANCHERS EN TERRE BATTUE. — Avant de faire le plancher en terre, il faut enlever toute la couche superficielle d'humus, ou au moins une épaisseur de 15 à 20 cm en dessous du niveau final du plancher. Puis on tasse la couche supérieure (8 à 10 cm) de sol naturel avec une dame avant de mettre en place les matériaux.

Dans les endroits où le gonflement du sol est un danger pour les bâtiments, on ne procédera pas à ce damage. Un sol non comprimé gonfle en effet moins qu'un sol comprimé.

La première couche que l'on posera au-dessus du terrain naturel

se composera d'environ 10 cm de sable ou de gravier propre. Ce matériau a pour objet d'arrêter l'infiltration d'humidité depuis le sol. On doit le damer soigneusement, pour le renforcer et l'empêcher de se tasser tout seul par la suite. Si le terrain naturel est sujet au gonflement, on mettra environ 15 cm de sable.

On construit le plancher sur la base de sable. On posera deux couches successives d'environ 4 cm d'épaisseur, la couche inférieure contenant moins de stabilisant que la couche supérieure, car elle n'est pas exposée à l'usure. On damera soigneusement le sol. On s'assurera que la teneur en eau est correcte en la vérifiant par la méthode décrite au chapitre II. Une fois le damage terminé, on nivellera le sol par raclage ou en damant davantage les points hauts.

On étale ensuite la couche terminale qui doit contenir assez de stabilisant pour que la surface, après la cure, soit difficile à rayer avec un clou. Il peut falloir pour cela deux à trois fois plus de stabilisant que pour les murs de terre. On contrôlera la qualité du mélange en fabriquant quelques blocs d'essai, comme pour un mur de terre damée, puis en faisant, après la cure, les essais de dureté et de résistance à l'eau.

Après avoir damé la couche superficielle, on lisse les empreintes de dames, puis on laisse vieillir le plancher plusieurs jours.

La cure des planchers stabilisés au ciment Portland ou à la chaux se fera en arrosant le plancher ou en le couvrant de sacs humides. Une fois la cure terminée, on bouchera les fissures et on assurera l'étanchéité en étalant une fine couche de coulis de ciment Portland fait de ciment, d'eau, et de sable fin. Certaines huiles peuvent jouer le même rôle.

On ne marchera pas sur le plancher avant qu'il ait durci.

SOLS CARRELÉS. — Les carreaux en terre agglomérée sont aussi bons que la terre battue. Leur aspect est même souvent plus agréable, surtout si on les fait de terres de différentes couleurs. On peut utiliser la machine Cinva-Ram, ou les autres machines à faire les parpaings qui peuvent fabriquer des carreaux de 4 à 5 cm d'épaisseur. On mettra assez de stabilisant dans le sol pour qu'il soit difficile de rayer les carreaux avec un clou, une fois qu'ils ont durci. On fera des carreaux d'essai pour contrôler la teneur en stabilisant.

Les carreaux en sol stabilisé doivent subir une cure humide de sept jours, puis être séchés au soleil avant qu'on ne les pose. On préparera la surface supportant le plancher comme pour les planchers de terre damée. Il est très important que la couche de sable soit bien horizontale et bien tassée avant la pose du carrelage. Sinon le plancher sera raboteux et inélegant.

Il est préférable de sceller les carreaux avec un mortier de sable, ciment Portland, et eau. On lissera soigneusement les joints pour qu'il n'y ait pas de rainures dans le plancher. On peut poser les carreaux sans mortier, s'ils sont bien jointifs. Il se peut qu'ils soient

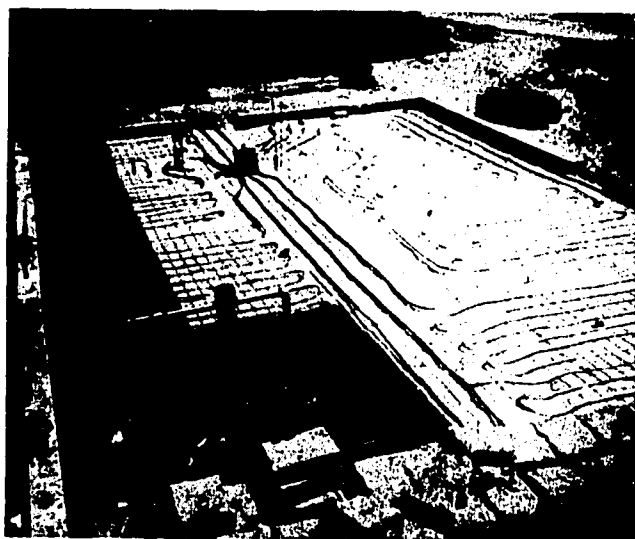


FIG. 90

légèrement mobiles et qu'ils se détachent, mais cela ne gênera pas si on les met immédiatement en place.

Comme on utilise des carreaux déjà durcis, on peut marcher sur le plancher dès que les joints sont secs. Ceci prend deux à trois jours. On peut se servir d'huile ou de cires pour assurer l'étanchéité de la surface. On a utilisé le suif ; la cire d'abeille, étendue à chaud, convient également.

CHAUFFAGE PAR LE SOL. — On peut chauffer la maison par le sol.

Cette idée a été mise en pratique aux Etats-Unis et ailleurs (en Corée par exemple), grâce à des canalisations installées sous le plancher, lesquelles transportent la chaleur depuis un foyer construit à l'une de leurs extrémités.

On n'essaiera pas d'appliquer cette méthode si l'on ne bénéficie pas des conseils d'une personne expérimentée.

CHAPITRE XIV

REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS

Un revêtement extérieur est la couche d'un matériau ad hoc dont ont recouvre un mur de terre.

Les revêtements extérieurs peuvent avoir pour objet :

- (a) d'améliorer l'aspect de certains murs ;
- (b) d'améliorer la protection contre la pluie ;
- (c) d'augmenter la durée de vie des murs.

C'est au moment où l'on fait les plans de la maison que l'on doit prévoir si l'on va poser un enduit, et non lorsque la maison est déjà construite.

ASPECT EXTÉRIEUR. — Les maisons construites en **blocs agglomérés** de façon soignée sont plus agréables à l'œil sans revêtement.

Les maisons en **terre damée** ont bel aspect si les surfaces intérieures des coffrages restent lisses et en bon état tout au long de la construction. En fait certains propriétaires de maisons en terre damée trouvent que quelques empreintes de banches n'enlaidissent pas un mur de terre et préfèrent se passer de revêtement. Cependant si la surface des banches est vraiment en mauvais état, un revêtement de surface améliorera probablement l'aspect du mur.

La plupart des propriétaires de maisons en **adobe** préfèrent qu'elles soient recouvertes d'un enduit.

L'un des moyens de se décider quant à l'application d'un éventuel revêtement est d'examiner les maisons du voisinage. On verra ainsi si les enduits améliorent ou non leur aspect.

On se rappellera ceci :

Un revêtement bon marché, ou mal posé, qui s'effritera rapidement, est pire que pas de revêtement du tout.

Le propriétaire devra décider de la fréquence à laquelle il accepte de ravalier la surface pour lui conserver son bon aspect. La plupart des revêtements bon marché doivent être réparés tous les deux ou trois ans. Un propriétaire jeune et en bonne santé comptera

pour peu le temps et la légère dépense qu'il faut consacrer à cette réparation, et pourra donc se contenter d'un revêtement à bon marché. Par contre, un propriétaire qui ne peut procéder à des réparations fréquentes aurait rapidement, dans ce cas, des murs en mauvais état, murs qui risquent d'ailleurs de s'endommager sérieusement. Il lui faut donc un revêtement plus cher.

PROTECTION CONTRE LA PLUIE. — Si l'on suit les instructions données au chapitre II pour le choix des sols destinés aux maisons de terre, il est inutile de s'inquiéter des dommages causés par la pluie, sauf si le sol est très argileux. Si les blocs d'essais, même stabilisés, ne subissent pas avec succès l'essai d'arrosage, il faut envisager d'utiliser un enduit.

Même les revêtements les plus chers risquent de se fissurer, et donc de laisser s'infiltrer une certaine quantité d'eau dans le mur. Si ce mur contient beaucoup d'argile, cette eau le fera gonfler, d'où rupture des enduits rigides. On étudiera si cela risque de se produire avec le revêtement que l'on compte utiliser. On enduit complètement quelques blocs fabriqués avec le mélange de sols, et on les soumet à l'essai d'arrosage et à l'essai d'absorption. Si la surface se craquèle ou s'effrite, la même chose se produira pour la maison.

ACCROISSEMENT DE LA DURÉE DE VIE D'UN MUR. — Il n'y a pas que la pluie qui dégrade les murs : les vents violents chargés de poussières abrasives, les enfants qui jettent des pierres ou des bâtons, et même les animaux peuvent rayer et endommager les murs de terre, surtout ceux qui ne sont pas stabilisés. Si cela se produit dans le voisinage ou dans la région, il faut poser un enduit sur les murs non stabilisés. La plupart des murs stabilisés ont une résistance suffisante par eux-mêmes.

PRIX DES REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS. — Comme la plupart des enduits contiennent un stabilisant, il faut savoir s'il vaut mieux utiliser ce stabilisant dans le revêtement ou dans le mur lui-même. En général il faut moins de stabilisant pour le revêtement que pour l'ensemble des murs. Cependant la pose de l'enduit, puis ses réparations, nécessitent un surcroît de temps et d'argent. A moins qu'on ne puisse s'en tirer avec une mince couche d'enduit à bon marché, le prix global sera sensiblement le même que l'on choisisse de poser un revêtement ou de stabiliser le mur.

TYPES DE REVÊTEMENTS. — Il existe quatre types principaux d'enduits :

- (a) les mortiers ;
- (b) les coulis ;
- (c) les enduits pelliculaires ;
- (d) les produits chimiques spéciaux.

Les **mortiers** se posent sur le mur en couches assez épaisses (environ 12 mm). Voici un mortier de haute qualité qui a donné de bons résultats sur les maisons de terre :

1 partie de ciment Portland ;

4 à 5 parties de sable propre ;

la quantité d'eau nécessaire pour obtenir une bouillie épaisse ;

On ajoute un peu de chaux s'il est difficile d'étaler le mortier.

On pose deux couches successives de cet enduit, chacune d'environ 6 mm d'épaisseur. On mouille le mur puis on jette la première couche sur le mur avec une grosse brosse. Ceci assure la liaison avec le mur tout en laissant une surface assez rugueuse pour l'accrochage de la seconde couche. On laisse vieillir cette couche pendant au moins 12 heures (davantage dans les régions humides) avant de poser la seconde couche. On peut brosser la seconde couche comme la première, mais si on désire avec une surface lisse, on la pose avec la truelle métallique. Les surfaces rugueuses se craquèlent moins facilement et ont généralement un aspect plus agréable.

On ne doit pas poser de mortier sur un mur chauffé au soleil ; il faut attendre qu'il soit à l'ombre. Lorsqu'on a terminé une portion du mur, on la couvre et on la maintient humide pendant un jour ou deux, jusqu'à ce que le ciment ait durci.

Il ne faut utiliser les mortiers que sur les murs très stables. Se rappeler que les murs qui contiennent beaucoup d'argile gonflent et font craquer le revêtement.

On peut faire des mortiers à bas prix en mélangeant de la terre avec de l'eau. C'est ce qu'on appelle les mortiers **Dagga**. S'ils sont faits avec l'argile convenable et suffisamment de sable ils peuvent être aussi bons que les autres. Ceux de bonne qualité contiennent généralement environ deux parties de sable pour une partie d'argile. Les mortiers Dagga ne durent pas s'ils contiennent trop d'argile, ou une argile inadéquate, ou encore s'ils sont trop mous. Les latérites rouges et brunes des tropiques font d'excellents mortiers Dagga.

On peut améliorer les mortiers Dagga en y ajoutant un stabilisant. La chaux et le ciment conviennent bien. On essaiera une partie de chaux ou de ciment pour 9 parties de terre. On peut également utiliser les asphaltes pour imperméabiliser les mortiers Dagga, mais cela ne les durcit pas, et peut leur donner une couleur trop foncée pour que la maison ait bel aspect. On peut encore choisir certains stabilisants cités au chapitre III. On les essaiera sur une petite portion du mur ou sur des blocs d'essai préparés avec le mélange de sols. On surveillera l'apparition de fissures au cours du séchage.

On applique en général les mortiers Dagga à la truelle, en épaisseur d'environ 12 mm, sur le mur mouillé au préalable. On bouchardera la surface, ce qui aidera à éviter la formation de fissures pendant le séchage.

Les **coulis** sont des mélanges d'eau et de ciment ou de chaux. On les jette à la brosse sur les murs, en couches minces, comme de la peinture. Les meilleurs peuvent durer 5 à 10 ans.

Certains coulis, parmi les meilleurs, contiennent des quantités égales de ciment et de chaux, plus l'eau nécessaire pour obtenir un

liquide épais. En ajoutant un peu de sable propre et fin, on donne au coulis une consistance granuleuse.

On mouille le mur de terre avant l'application de l'enduit. Puis on jette à la brosse deux couches, à intervalle de 24 heures. Il faut remuer le coulis pendant l'opération pour éviter qu'un des constituants ne se dépose au fond du récipient.

Les coulis sont des enduits économiques, mais le mur doit convenir à leur utilisation. Un mur qui rétrécit et gonfle craquèle et les effrite.

Les enduits pelliculaires, ou peintures, sont de bons enduits pour certains murs. Les meilleurs sont ceux à base de ciment. Ils sont plus durs et durent plus longtemps que les coulis au ciment pur. Les peintures actuelles à l'huile et à l'aluminium ne tiennent pas sur les maisons de terre. Il se peut cependant que l'on en mette au point d'autres aussi bonnes que les enduits au ciment.

Il n'est pas possible de donner ici une liste des enduits pelliculaires existant dans le commerce qui peuvent être utilisés pour des maisons de terre, car ils ne sont pas distribués partout. Si l'on veut faire un essai, voir le vendeur le plus proche, et lui demander une démonstration et des échantillons de son produit. Puis examiner comment celui-ci se comporte sur des blocs d'essai fabriqués avec le mélange de terre dont on dispose. On fera l'essai d'arrosage sur les blocs complètement enduits et, si on a le temps, on laissera les blocs au dehors exposés aux intempéries. Les résultats obtenus renseigneront sur l'efficacité du produit.

On peut faire soi-même un enduit pelliculaire au ciment, mais cela demande plusieurs produits chimiques. Voici une formule qui a été utilisée :

- 1 partie de stéarate de calcium (en poudre) ;
- 2 parties de chlorure de calcium (en poudre) ;
- 50 parties de ciment Portland ;
- 25 parties de sable propre et fin.

On malaxe les ingrédients pour obtenir un mélange homogène. Puis on ajoute 50 parties d'eau et on remue avec une spatule jusqu'à obtenir un produit de consistance crémeuse.

On tamise le mélange à travers un grillage fin (moustiquaire) pour éliminer les grumeaux et les grosses particules.

Si l'on veut un enduit blanc, on prendra du ciment Portland blanc. Pour les autres couleurs on ajoutera 3 ou 4 parties d'un pigment en poudre (oxyde).

On jette l'enduit en deux couches avec une grosse brosse sur le mur mouillé au préalable. On ne travaillera que sur les murs à l'ombre, et on maintiendra la surface fraîche légèrement humide de façon que le ciment ne durcisse pas trop vite. Il faut attendre au moins 12 heures entre la pose des deux couches.

Seule la seconde couche a besoin d'être colorée. On peut la jeter sur le mur à la brosse ou au balai comme la première pour obtenir un grain de surface agréable.

Les peintures à la chaux, mélanges de chaux et d'eau, peuvent améliorer l'aspect des murs de terre. Mais elles ne procurent que peu ou pas de protection contre l'eau et l'érosion, et ne durent que peu de temps. Cependant elles sont bon marché et faciles à appliquer avec une grande brosse.

On peut préparer une peinture à base de chaux qui protège un peu de l'eau avec les ingrédients suivants :

6 litres de chaux vive ;
14 litres d'eau ;
250 grammes de suif fondu.

On fait bouillir l'eau dans un grand bidon, on ajoute la chaux, et on agite bien. Puis on ajoute le suif fondu au mélange en ébullition et on agite de nouveau.

On jette le mélange avec une grosse brosse. S'il est difficile à étaler on peut ajouter un peu d'eau.

Cette peinture à la chaux vive dure environ un an sous la plupart des climats.

Certains produits chimiques, que l'on applique comme de la peinture, font de bons enduits. L'un, qui a été cité au chapitre III, est un mélange de une partie de silicate de sodium (40° Baumé) et trois parties d'eau. On brosse la solution dans le mur avec une brosse très dure pour obtenir une bonne pénétration. On applique deux couches à quelques minutes d'intervalle. L'addition d'un produit mouillant à la solution facilite la pénétration du liquide dans certains murs.

La seule façon de savoir si un produit chimique donnera de bons résultats est de l'essayer. On exécutera les essais d'arrosage et d'exposition aux intempéries sur des blocs d'essai fabriqués avec le mélange de terre que l'on utilise.

PRÉPARATION DE LA SURFACE. — Les enduits posés sur une surface mal préparée s'effritent rapidement. Avant qu'on ne puisse appliquer un enduit quelconque, il faut que le mur soit sec dans toute sa masse. Avec des parpaings ayant subi la cure voulue, cela peut ne prendre que quelques semaines, le temps que le mortier de scellement sèche. C'est beaucoup plus long pour la terre damée, les boules de terre, ou la terre qu'on colle sur un clayonnage. Dans les régions pluvieuses il peut arriver que les murs soient endommagés avant qu'ils n'aient séché suffisamment pour qu'on puisse poser l'enduit. Si cela risque de se produire, on utilisera le stabilisant dans le mur, de sorte que celui-ci soit protégé dès sa construction.

Lorsque le mur est entièrement sec, il faut broser ou balayer le mur pour enlever la poussière. Avant d'appliquer les coulis ou les mortiers, on mouille légèrement le mur. Il est bon d'étaler sur le mur une fine couche d'un lait de ciment Portland et d'eau pour faciliter l'accrochage de l'enduit.

ARMATURE. — Pour renforcer les mortiers et améliorer leur liaison avec la terre du mur, il faut utiliser une armature en fil de fer. Le grillage de clôture (voir figure 91) convient bien. On fixe



FIG. 91

solidement le grillage au sommet du mur, en l'encastant dans le dernier joint de mortier, ou entre le chaînage et le sommet du mur. Pour les maisons à toit de terre et terrasse, on fixe le grillage en le faisant passer autour de la rangée terminale de blocs, puis on le replie le long du mur. La figure 65 illustre cette méthode.

L'armature doit se prolonger dans les encadrements de portes et fenêtres, de façon que l'enduit soit partout renforcé (fig. 92). On la cloue au mur tous les 15 ou 20 cm. Le mieux est d'utiliser des clous spéciaux à surface rugueuse.

Lorsque l'on pose deux couches de mortier, on jette la première couche à travers le grillage. Ceci améliore la liaison entre le mur et

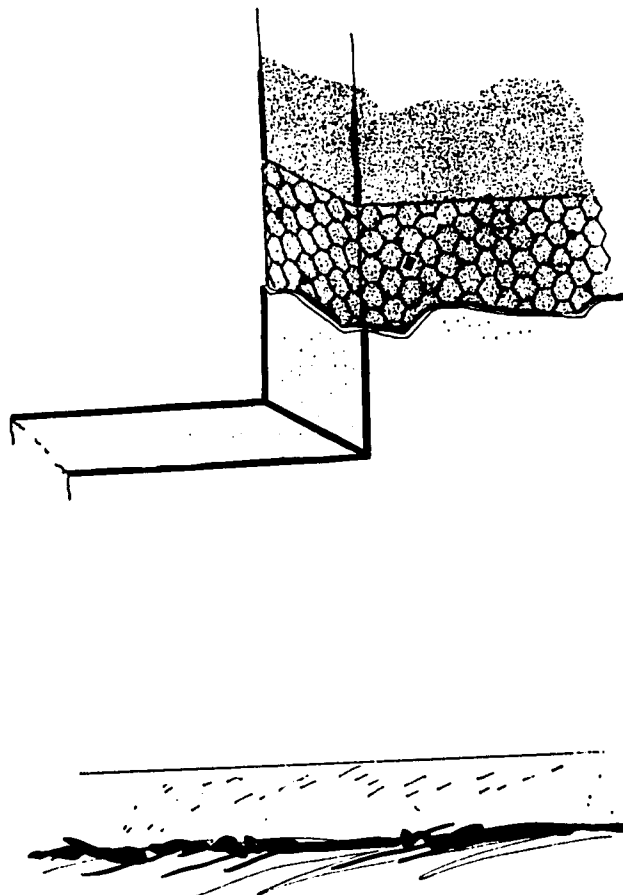


FIG. 92

le mortier, et laisse l'armature sensiblement au milieu de l'épaisseur du revêtement.

Lorsqu'on ne dispose pas de grillage en fil de fer, on peut améliorer la liaison avec le mur en laissant des vides dans les joints de mortier verticaux. On peut aussi ficher des éclats de pierre ou de béton dans le mortier frais pour faire adhérer les revêtements épais (voir chap. X et fig. 63). Pour les murs en terre damée, on perce des trous peu profonds tous les 15 ou 20 cm, et on y enfonce des clous jusqu'à ce que leurs têtes soient à ras de la surface extérieure du mur. On peut également creuser de longs sillons tous les 15 à 20 cm sur le mur.

On se rappellera que les meilleurs enduits au mortier sont ceux qui sont renforcés par du grillage. On en posera donc si l'on peut.

ANNEXE A

LIMITES D'ATTERBERG POUR LES SOLS

Les essais d'Atterberg, d'utilisation simple et générale, permettent de savoir si le sol contient beaucoup d'argile, et si la présence de cette argile nuit à la qualité du sol. Il y a deux essais à exécuter : la mesure de la limite de liquidité, et la mesure de la limite de plasticité. De ces deux limites on déduit ce qu'on appelle l'indice de plasticité (on peut aussi utiliser la mesure du retrait d'un barreau pour connaître cet indice).

Ces essais nécessitent un certain matériel ad hoc, et un peu d'expérience. On peut les faire soi-même si l'on est soigneux, mais il vaut mieux qu'ils soient exécutés par quelqu'un qui en a l'habitude.

On donne ci-dessous la liste du matériel commun à ces essais. Les accessoires spéciaux à chaque essai sont indiqués en même temps que le mode opératoire.

MATÉRIEL

1. **Réceptacle plat.** — Un récipient rond, à fond lisse, d'environ 120 mm de diamètre sur 40 mm de haut. Il est préférable que l'intérieur soit lisse. On peut utiliser ce que les chimistes appellent un cristaloir.

2. **Spatule.** — Une spatule à lame souple d'environ 10 cm de long sur 2 cm de large.

3. **Balance.** — Une balance de portée 100 g au moins et de sensibilité 0,1 g ou mieux (0,01 g si possible).

4. **Étuve.** — Une étuve de séchage pouvant être maintenue à une température de 130 °C donc légèrement supérieure à la température d'ébullition de l'eau. L'étuve doit comporter des ouvertures permettant la circulation de l'air chaud.

5. **Boîtes.** — Quelques boîtes légères en métal, avec des couvercles fermant bien, telles que des petites boîtes à pilules en aluminium ou fer étamé. On peut utiliser des verres de montre d'environ 50 à 60 mm de diamètre.

6. **Tamis.** — Un tamis de maille n° 40 (américain) ou n° 36 (anglais). On peut se passer de tamis, mais il vaut mieux en avoir un.

7. **Fiches.** — On notera les renseignements recueillis aux cours des essais sur des fiches de modèle quelconque.

ÉCHANTILLON

L'échantillon qui doit peser environ 100 g (une petite poignée) est prélevé sur le sol à examiner. La totalité de l'échantillon doit passer à travers le tamis décrit plus haut et dont les mailles ont environ 0,4 mm de côté. Si l'on n'a pas de tamis, on triera à la main tous les grains de plus de 0,4 mm, opération qui est plus facile lorsque le sol a été séché au soleil puis broyé au préalable.

Si l'on sait déjà que l'on va utiliser un stabilisant, on l'ajoutera dans la proportion que l'on compte incorporer aux murs de la maison.

A. LIMITE DE LIQUIDITÉ MATÉRIEL SPÉCIAL

Il faut un outil spécial destiné à creuser une rainure dans l'échantillon, rainure dont le fond doit avoir exactement 2 mm de largeur, et dont les flancs font un angle de 60 degrés avec l'horizontale. En l'absence de cet outil, on peut utiliser une spatule, voire un couteau.

Mode opératoire.

1. On met les trois quarts environ de l'échantillon dans le récipient plat. On ajoute de l'eau peu à peu, en remuant bien le mélange (l'eau doit être de bonne qualité, de l'eau potable par exemple) jusqu'à obtenir une pâte épaisse. Il faut s'assurer que le mélange est homogène, sans parties plus sèches ou plus humides.

2. On étale le mélange en couche mince d'environ 1 cm d'épaisseur au fond du récipient. On divise cette galette en deux parties égales à l'aide de l'outil à rainurer, dont la pointe doit toucher le fond du récipient, et que l'on déplace en le maintenant perpendiculairement à ce fond. On creuse ainsi une rainure en V dont le fond plat a 2 mm de large. En procédant comme indiqué on risque de mettre en miettes les sols très sableux. Dans ce cas on fera la rainure en plusieurs fois, jusqu'à ce que l'on voie le fond du récipient. Si l'on ne dispose pas de l'outil spécial, on creusera soigneusement la rainure avec un couteau ou une spatule. Il faut que le fond de la rainure ait 2 mm de large, et que les flancs soient à 60 degrés de l'horizontale.

3. On tient fermement le récipient dans une main, la rainure se trouvant dans l'alignement du regard, puis on tapote légèrement et horizontalement le récipient contre l'intérieur du poignet de l'autre main, et ceci dix fois. L'amplitude du mouvement doit être de 25 à 40 mm, et la main contre laquelle on frappe reste immobile. Si la quantité d'eau est exactement celle qu'il faut, les flancs de la rainure, après cette opération, se touchent dans le fond sur une longueur d'exactly 13 mm. S'il faut plus de 10 coups pour y arriver, le sol est trop sec, et on ajoutera un peu d'eau. S'il en faut moins, le sol est trop humide, et on le fera sécher en le remuant pendant un moment, ou en ajoutant un peu de sol sec.

4. Lorsque l'on a amené l'humidité à sa valeur voulue, c'est-à-dire que la rainure se ferme de 13 mm en 10 coups, le sol est à la limite de liquidité. On prélèvera avec la spatule un petit échantillon du sol à l'endroit où la rainure s'est fermée (on prendra un échantillon plus gros si la balance n'est sensible qu'à 0,1 g). On met l'échantillon dans une des boîtes et l'on pèse rapidement le tout avant que l'eau n'ait eu le temps de s'évaporer. Si la boîte a un couvercle, on le mettra en place pour empêcher l'évaporation pendant la pesée.

5. On note le poids de la boîte et du sol sur la fiche, en face de W_1 . Puis on introduit la boîte avec le sol dans l'étuve à 110 °C, jusqu'à ce que le

sol soit sec. Ceci peut prendre 8 à 10 heures, parfois moins. On surveillera le séchage en pesant à plusieurs reprises. Lorsqu'on est à poids constant, c'est que le sol est sec. Puis on note le poids de la boîte et du sol sec sur la fiche en face de l'indication W_2 . Il faut connaître également le poids de la boîte propre et sèche, soit W_c .

Calculs.

La limite de liquidité est donnée par la formule

$$\text{limite de liquidité} = \frac{\text{poids d'eau}}{\text{poids du sol sec}} \times 100$$

$$\text{soit } \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100.$$

Précautions à prendre.

1. S'assurer que l'on n'a utilisé pour l'essai que du matériau passant à travers le tamis n° 40 (grains inférieurs à 0,4 mm).
2. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut mélanger complètement l'eau et le sol. Il faut également frapper le récipient contre la main de la même façon pour tous les types de sol.
3. Il ne faut pas secouer ou faire vibrer le récipient après avoir tracé la rainure et avant de donner les 10 coups.
4. Une fois la rainure fermée, prélever l'échantillon et le peser rapidement pour éviter des pertes d'eau.

B. LIMITE DE PLASTICITÉ MATÉRIEL SPÉCIAL

La seule chose particulière qu'il faille est une surface sur laquelle on puisse rouler l'échantillon de sol. Une plaque de verre ou une feuille de papier glacé conviennent bien.

Mode opératoire.

1. Prendre une partie de l'échantillon de sol sec, et ajouter de l'eau. Mélanger soigneusement en comprimant et en pétrissant la terre entre les doigts et les paumes. La teneur en humidité est à peu près correcte lorsque l'on peut facilement faire une boulette sans que la terre ne colle aux doigts.
2. Rouler la terre entre les paumes jusqu'à obtenir un rouleau d'environ 5 cm de long et 6 mm de diamètre. Puis on pose ce rouleau sur la plaque de verre ou la feuille de papier. En le roulant avec la paume on en fait un cordon comme celui de la figure 9. Si le sol colle au verre ou au papier, c'est qu'il est trop humide, et il faut le sécher un peu.

On exerce avec la main une pression juste suffisante pour que le cordon s'amincisse progressivement jusqu'à atteindre un diamètre de 3 mm. On examine si le cordon se casse ou s'effrite au moment précis où il est descendu à 3 mm. Si le cordon se casse avant, c'est qu'il est trop sec. On mélange soigneusement un peu d'eau et on recommence. Si on peut obtenir un cordon de moins de 3 mm de diamètre, on en refait un rouleau plus gros et on recommence, car le roulage le fait sécher. Lorsqu'il est juste de la consistance voulue, le cordon

de 3 mm se casse ou s'effrite sous la main en morceaux d'environ 12 mm de long.

3. On rassemble les morceaux du cordon, et on les met dans une boîte. On pèse le sol avec la boîte, on appelle ce poids W_1 et on le note. Puis on sèche le sol dans l'étuve à 110 °C pour enlever toute l'eau. On pèse le sol sec avec sa boîte, et on note le poids W_2 . Il faut aussi connaître le poids W_c de la boîte vide.

Calculs.

La limite de plasticité est donnée par la formule :

$$\begin{aligned} \text{limite de plasticité} &= \frac{\text{poids d'eau}}{\text{poids de sol sec}} \times 100 \\ &= \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100. \end{aligned}$$

C. INDICE DE PLASTICITÉ

On obtient l'indice de plasticité en retranchant la limite de plasticité de la limite de liquidité, soit

$$\text{indice de plasticité} = \text{limite de liquidité} - \text{limite de plasticité.}$$

ESSAI DE RETRAIT

L'essai de retrait permet de connaître facilement l'indice de plasticité d'un sol, et donne également d'autres indications très utiles. Son avantage particulier est qu'il ne nécessite pas de balance. Il faut cependant un moule spécial.

Matériel spécial. — Cet essai nécessite un moule métallique spécial, en forme de boîte sans couvercle, dont les dimensions recommandées sont d'environ 125 mm de longueur sur 20 mm de largeur et de profondeur.

Mode opératoire.

1. On prépare l'échantillon exactement comme pour la mesure de la limite de liquidité, mais en utilisant un peu plus d'eau de façon que, par exemple, si l'on creuse une rainure en V comme expliqué à propos de la deuxième phase de l'essai en question, cette rainure se ferme au bout d'environ 5 coups du récipient sur l'intérieur du poignet. Le mélange est alors parfaitement dosé.

2. On enduit les parois intérieures du moule d'une fine couche de graisse ou de vaseline, pour empêcher le sol de coller au moule pendant le séchage. On remplit le moule avec le sol humide au tiers de sa hauteur. On remue doucement le moule, ou on le tapote sur une pile de journaux de façon à étaler le mélange en couche lisse et à chasser les bulles d'air indésirables. On remet de la terre, et on remue les couches, jusqu'à ce que le moule soit plein. On racle la terre en excès au-dessus du moule avec une baguette bien droite.

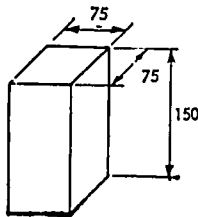
3. On fait sécher le barreau de terre. Pour l'empêcher de se fissurer, on le fait d'abord sécher à la température ambiante pendant un jour. Puis on le met dans l'étuve à 110 °C jusqu'à séchage complet. On mesure avec précision la longueur du barreau de terre sèche, ainsi que celle du moule.

Calculs. — Le retrait du barreau se calcule comme suit :

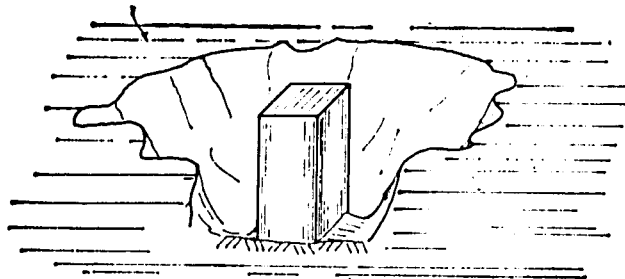
$$\text{retrait} = \frac{\text{longueur du barreau humide} - \text{longueur du barreau sec}}{\text{longueur du barreau humide}} \times 100.$$

RÉSISTANCE DU SOL DE FONDATION (argiles). — Quelle est la solidité du sol de fondation ? Quelles doivent être la largeur et l'épaisseur de la semelle de béton ou ciment Portland ?

Pour connaître les réponses à ces questions, il faut avant tout mesurer la résistance du sol de fondation qui se trouve sur le lieu où l'on construira la maison. Il faut creuser plusieurs fosses analogues à celle de la figure 93, et dans chacune on découpera un petit bloc de terre que l'on taillera au couteau pour l'amener exactement aux dimensions indiquées. On essaiera ces blocs à l'aide de l'appareil à levier de la figure 94 que l'on pourra construire à cet usage. On appuie au point A avec l'index. Si le bloc s'écrase, le sol de fondation est très mou, et il ne faudra pas construire sur lui de maison importante. Si le sol ne s'écrase pas lorsque l'on appuie au point A, il présente une certaine résistance et on continue l'essai en appuyant au point B. Si on peut écraser le bloc en appuyant avec un doigt au point B on saura que sa résistance est supérieure à celle d'un bloc n'ayant pas résisté à une pression en A, et l'on consultera le tableau 4 à la colonne A et à la ligne correspondant au type de la maison que l'on compte construire. On trouvera ainsi la largeur et l'épaisseur de la semelle continue de béton. Si le bloc résiste à la pression B, on essaie en C. Si le bloc s'écrase, on utilisera la colonne B du tableau, et ainsi de suite. Il existe des argiles qui résistent même quand on appuie à l'extrémité du levier. On a affaire à un sol très résistant et on pourra utiliser les dimensions

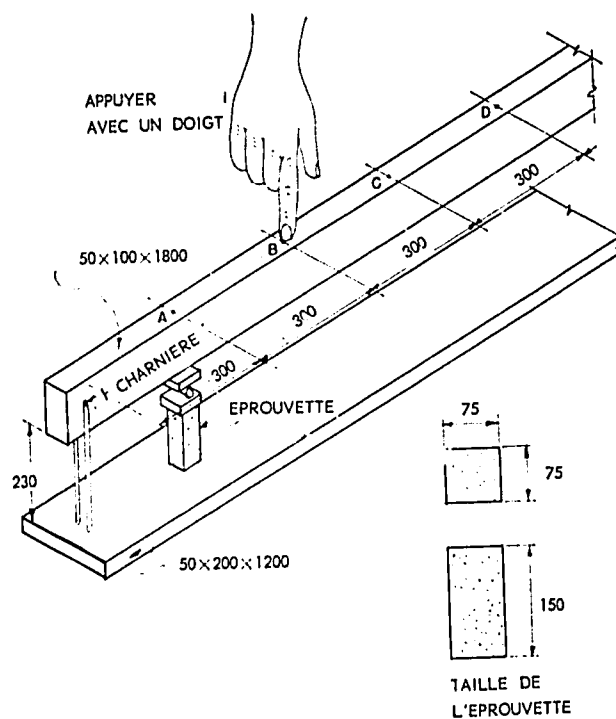


FOND DES FOUILLES DE FONDATION



93. *Découper dans le sol de fondation une telle éprouvette et mettre le sommet et le bas d'équerre.*

données à la colonne E. On doit arriver, en appuyant avec le doigt, à exercer une force de 8 à 9 kg. On vérifiera à l'aide d'une bascule ou d'une balance. Si l'on n'arrive qu'à exercer une force de 4 à 5 kg on utilisera des semelles de la taille au-dessus de celle qu'on aurait choisie autrement.



94. Appareillage simplifié à levier pour l'essai des sols.

FORMULES UTILES

Surface du cercle ($\pi = 3,14$; $r =$ rayon)	$\pi \times r^2$
Surface du triangle ($h =$ hauteur; $b =$ base)	$\frac{1}{2} h \times b$
Surface du rectangle $L =$ longueur; $l =$ largeur)	$L \times l$
Volume d'un bloc (parallépipède rectangle de côtés a, b, c)	$a \times b \times c$
Densité d'un bloc ($M =$ masse en g; $a, b, c,$ longueur des côtés en cm)	$\frac{M}{a \times b \times c}$
Volume du cylindre ($h =$ hauteur; $r =$ rayon)	$\pi r^2 \times h$
Densité d'un cylindre ($M =$ masse en g,	$\frac{M}{\pi r^2 h}$
$r =$ rayon en cm, $h =$ hauteur en cm)	
Résistance à la compression ($P =$ charge de rupture en kg; $A =$ surface en cm^2 de la section droite de l'échantillon) en kg/cm^2	$\frac{P}{A}$
Teneur en humidité, h ($W_1 =$ poids du sol humide, $W_2 =$ poids du sol sec)	$h = \frac{W_1 - W_2}{W_2}$
Indice de plasticité ($L.L. =$ limite de liquidité; $P.L. =$ limite de plasticité)	$L.L. - P.L.$

CONVERSION DES POIDS ET MESURES

LONGUEURS

Unités métriques	Unités anglaises
1 mètre	1,094 yard
1 mètre	3,281 pieds
1 mètre	39,37 pouces
0,914 mètre	1 yard
0,305 mètre	1 pied
1 centimètre	0,394 pouce
2,540 centimètres	1 pouce

SURFACES

1 centimètre carré	0,155 pouce carré
6,452 centimètres carrés	1 pouce carré
0,093 mètre carré	1 pied carré
1 mètre carré	10,764 pieds carrés

VOLUME

1 centimètre cube	0,061 pouce cube
16,387 centimètres cubes	1 pouce cube
1 mètre cube	35,314 pieds cubes
0,028 mètre cube	1 pied cube
3,785 litres	1 gallon (anglais)
1 litre	0,264 gallon
1 litre	1,057 quart
0,946 litre	1 quart

MASSE

1 kilogramme	2,205 livres
0,454 kilogramme	1 livre
1 gramme	0,0353 onze (av.)
28,349 grammes	1 once (av.)

Rapports en unités anglaises

1 pied	12 pouces
0,0833 pied	1 pouce
1 yard	36 pouces, 3 pieds
1 pied carré	144 pouces carrés
1 yard carré	9 pieds carrés
1 pied cube	1 728 pouces cubes
1 yard cube	27 pieds cubes
1 gallon	0,1 337 pied cube
1 pied cube	7,481 gallons
1 livre	16 onces
1 tonne	2 000 livres

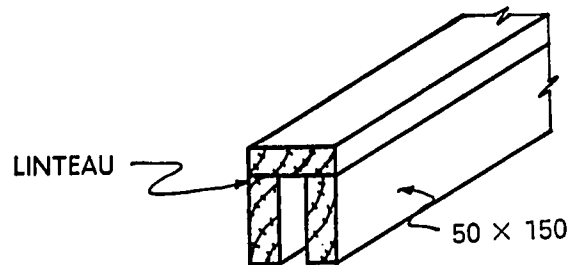
Rapports en unités métriques

1 mètre	100 centimètres, 1 000 millimètres
1 mètre carré	10 000 centimètres carrés
1 mètre cube	1 000 000 centimètres cubes
1 kilogramme	1 000 grammes

GLOSSAIRE

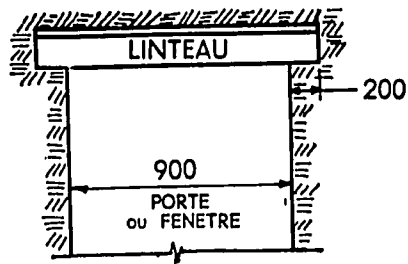
1. **Adsorption** : Pénétration d'eau ou de liquide dans la masse de sol.
2. **Adobe** : Sol argileux qui, mélangé à de l'eau jusqu'à obtenir une consistance plastique (parfois avec un liant mécanique), peut être utilisé pour la construction, habituellement sous forme de parpaings.
3. **Adobe à couler** : Mélange d'argile de terre et d'eau, assez liquide pour qu'on puisse le couler dans des moules. On laisse ensuite sécher. La coulée peut se faire en une opération sur toute la longueur du mur, ou progressivement en faisant monter le coffrage. On encastre souvent des pierres dans le mur.
4. **Analyse granulométrique** : Détermination de la distribution de la taille des particules d'un matériau.
5. **Angle** : Figure géométrique formée par l'intersection de deux lignes. L'angle est droit si les lignes se coupent à 90 degrés.
6. **Aréomètres** : Appareil de mesure, constitué par un flotteur gradué et étalonné, qui sert à mesurer la densité des liquides.
7. **Argiles** : Sols granuleux les plus fins, composés de particules aplaties de taille inférieure à 0,002.
8. **Armature** : Matériau très résistant, en général barres ou fils d'aciers, que l'on incorpore dans la terre compactée pour augmenter la solidité de la construction.
9. **Azaras** : Lattes découpées dans des troncs de palmiers, que l'on utilise pour renforcer le mélange de terre dans la construction des planchers et des toits plats ou en voûte, dans les régions arides d'Afrique Occidentale. Elles ont environ 2,50 m de long.
10. **Bauge** : Mélange de terre argileuse et de pailles, utilisée pour monter des murs entre banches (français).
11. **Cajon** : Type de construction en terre dans laquelle on construit des panneaux avec un mélange de terre argileuse de consistance convenable, panneaux qui sont supportés par une charpente (espagnol).
12. **Cendres volantes** : La fraction la plus fine des scories laissées par la combustion de la houille ou du lignite.
13. **Chaises** : Planches horizontales clouées sur des piquets enfoncés dans le sol. Elles servent à fixer les cordes qui délimitent les fouilles de fondation.
14. **Collage sur treillis** : Sur un treillis de branchage on colle une terre plastique, jusqu'à ce que tous les interstices soient remplis.
15. **Cure** : Période au cours de laquelle l'action de l'eau sur le stabilisant d'un sol provoque la prise en masse.

16. **Damage** : Tassement des particules du sol par des moyens mécaniques en vue d'obtenir une masse plus compacte.
17. **Densité** : Rapport entre le poids d'un volume donné de matériau et celui d'un égal volume d'eau.
18. **Echantillonnage** : Prélèvement par creusement ou percement d'une fraction représentative du sol naturel d'un endroit donné. Egalement prélèvement d'une petite quantité représentative d'un matériau sur une quantité plus grande.
19. **Emulsions d'asphalte** : Asphalte en fines particules en suspension dans l'eau, servant de stabilisant liquide pour les blocs de terre.
20. **Fondations** : Partie inférieure d'un bâtiment qui assure la liaison de celui-ci avec le sol naturel.
21. **Forces de cohésion** : Forces qui s'exercent entre les particules voisines d'un sol.



3 MORCEAUX DE 50 × 150 × 1300 SUR LES OUVERTURES
DE 900 DANS LES MURS DE 150 ET 230

4 MORCEAUX DE CETTE TAILLE SUR LES
OUVERTURES DE 900 DANS LES MURS DE 300 ET 380



95. *Linteau en bois.*

22. **Indice de plasticité** : Différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité.
23. **Latérite** : Sol argileux produit par l'érosion des roches volcaniques sous l'effet du climat tropical. Il contient surtout des argiles stables et des hydroxydes de fer et d'aluminium.
24. **Linteau** : Petite poutre surmontant l'ouverture d'une fenêtre et servant à supporter la partie du mur qui est au-dessus de cette ouverture.
25. **Limite de liquidité** : Taux d'eau, en pourcentage du sol sec, pour lequel la consistance du sol passe de plastique à liquide.
26. **Limite de plasticité** : Taux d'eau, en pourcentage de sol sec, pour lequel le sol passe de l'état solide à l'état plastique.
27. **Limite de retrait** : Taux d'humidité, en pourcentage du sol sec, en dessous duquel une modification du taux d'humidité ne provoque pas de changement de volume du sol.
28. **Limon** : Fraction la plus grosse des sols fins, en général défini comme passant par le tamis U.S. n° 200, mais de grains de diamètre supérieur à 0,005 mm.
29. **Maisons en mottes de gazon** : Maisons dont les murs et parfois les toits sont faits de mottes de gazon dru découpées en forme de parpaings. Le gazon est généralement à la partie inférieure du bloc en place. Ce type de construction a été très utilisé au cours de la conquête des grandes plaines des Etats-Unis.
30. **Montants** : Eléments de charpente d'un mur tels que planches ou poteaux de bois, posés verticalement pour supporter le poids du toit.
31. **Montée d'eau par capillarité** : Phénomène provoqué dans les terrains à grains fins par les forces naturelles qui prennent naissance dans les pores.
32. **Mortier** : Mélange plastique de sable, ciment et éventuellement argile, servant à lier entre eux les blocs utilisés pour la construction.
33. **Murs en boules de terre** : Se construisent avec un mélange assez dur d'argile, d'eau, et d'un peu de paille ou autre liant mécanique. On monte les couches successives sans coffrage, en finissant les parois au fur et à mesure. On a également utilisé dans ce genre de construction un mélange de craie broyée et d'eau.
34. **Palette** : Petite planche plate servant à transporter les parpaings qui viennent d'être moulés.
35. **Parallèles** : Deux lignes droites, deux plans, ou une ligne droite et un plan qui sont partout à la même distance l'un de l'autre sont dits parallèles. Les parallèles ne se coupent pas.
36. **Pente** : Inclinaison d'un toit, exprimée en général par le rapport entre la différence du niveau qu'il présente et la portée horizontale dans le sens de la pente. Par exemple une pente de un tiers indique que pour trois mètres de distance horizontale le toit monte de un mètre.
37. **Perméable** : Se dit d'un sol qui laisse passer l'eau ou d'autres liquides.
38. **Perpendiculaire à une droite** : Ligne droite qui coupe la droite donnée à angle droit.
39. **Pls** : Terme français pour la terre damée.
40. **Placage** : Technique combinant le sol stabilisé à la terre damée naturelle, et consistant à poser une fine couche de sol stabilisé au ciment le long de la banche externe (correspondant à la paroi extérieure), le reste étant cons-

- titué par de la terre non stabilisée. On peut également utiliser cette technique pour les parpaings.
41. **Plasticité** : Caractéristique d'un sol humide qui peut être déformé et peut conserver la forme qu'on lui donne. Le fait qu'un sol soit plastique indique qu'il présente une certaine cohésion et contient de l'argile.
 42. **Plâtres Dagga** : Mélanges d'argile et de sable utilisés comme revêtement de protection des murs, ainsi que comme mortier pour monter les murs en parpaings. On ajoute souvent un stabilisant.
 43. **Poutre de chaînage** : Poutre horizontale, en béton ou en bois, posée au sommet du mur pour le renforcer. Elle sert à répartir uniformément sur le mur les charges transmises par les chevrons du toit.
 44. **Pouzzolane** : Mélange de fines particules qui, sans être en lui-même un ciment, se combine à la chaux pour donner un ciment.
 45. **Rectangle** : Figure à quatre côtés dont les côtés opposés sont parallèles et les quatre angles droits. Les côtés opposés sont égaux, mais pas nécessairement les côtés adjacents.
 46. **Résistance** : Capacité d'un matériau à résister aux forces qui lui sont appliquées. Dans le cas des sols on s'intéresse normalement à la résistance au cisaillement exprimée en kilogrammes-force par centimètre carré.
 47. **Retrait** : Diminution du volume d'un matériau à la suite de l'évaporation de l'eau qu'il contient.
 48. **Sable** : Fraction la plus fine des sols grossiers. C'est la partie qui passe au tamis U.S. n° 10 mais est retenue par le tamis n° 200.
 49. **Stabilisant** : Ingrédient, tel que le ciment Portland, la chaux, l'asphalte et divers produits chimiques, qui peut être utilisé pour stabiliser le sol.
 50. **Stabilisation** : Amélioration des propriétés du sol par addition de matériaux convenables, en vue de cimenter le sol, de le rendre imperméable, ou d'en réduire les variations de volume.
 51. **Tapia** : Sorte d'adobe utilisé dans certaines régions d'Afrique et à la Trinité, dans lequel on utilise une herbe fibreuse, souvent le « sporobolus indicus », coupée en petits morceaux, comme liant mécanique.
 52. **Taux d'humidité** : Quantité d'eau contenue dans un matériau, exprimée ici par le pourcentage d'eau en poids par rapport au sol sec.
 53. **Taux d'humidité optimal** : Taux pour lequel, sous une action mécanique de tassement donnée, le matériau prend la densité maximale.
 54. **Teroni** : Type de construction voisin de l'adobe en parpaings et des mottes de gazon, dans lequel on découpe des blocs herbeux dans les terrains marécageux. On fait vieillir ces blocs au soleil avant de les utiliser.
 55. **Terre à damer** : Mélange de sol argilo-sablonneux et d'eau, d'humidité assez faible pour qu'on puisse le tasser entre des banches pour obtenir des murs d'un seul tenant, ou le mouler pour en faire des parpaings. Le damage peut se faire à la main ou à la machine.
 56. **Torchis** : Mélange de terre argileuse et de paille utilisé pour la construction par collage sur un support (français).
 57. **Tubali** : Mot d'Afrique Occidentale pour les briques en forme de poire, que l'on fabrique à la main avec un mélange de terre argileuse, d'eau et d'herbe fraîche ou séchée coupée en petits morceaux. On pose les tubalis, leur partie la plus large vers le bas, dans un lit de mortier, à 3, 4 ou plus côte à côte. On pose ceux des rangées successives de façon que leur base vienne s'insérer en les sommets de ceux de la couche précédente.
 58. **Vigas** : Poutres utilisées comme supports pour la construction des toits en terre.

BIBLIOGRAPHIE

Il existe de nombreux ouvrages traitant de sujets spéciaux relatifs aux maisons en terre d'une façon plus détaillée que nous ne pouvons le faire dans le présent manuel. En voici quelques-uns parmi les meilleurs.

1. *ASTM Standards 1958, Part IV*. American Society for Testing Materials, 1916 Race St., Philadelphia 3, Pennsylvania.
2. Burkhart, Edsel J. *Investigation of Soils and Building Techniques for Rammed Earth Construction*, A. & M. College of Texas, Texas Engineering Experiment Station Research Report No. 6, College Station, Texas, May, 1949. (Out of print.)
3. Cytryn, S. *Soil Construction*, State of Israel, Ministry of Labor, Housing Division, The Weizmann Science Press of Israel, Jerusalem, 1957.
4. *Earth for Homes*. Ideas and Methods Exchange No. 22, Housing and Home Finance Agency, Washington 25, D. C., March, 1955.
5. Fitzmaurice, Robert, *Manual on Stabilized Soil Construction for Housing*. Technical Assistance Program, United Nations, Sales No. 58.II.H.4, New York, 1958.
6. Harrington, E. L. *Adobe as a Construction Material in Texas*. A. & M. College of Texas, Texas Engineering Experiment Station Bulletin No. 90, College Station, Texas, 1945. (Out of print.)
7. *Housing and Town and Country Planning*. United Nations Bulletin No. 4, Sales No. 1950.IV.6, New York, October, 1950.
8. Long, J. D. *Adobe Construction*, University of California, Agricultural Experiment Station Bulletin No. 472, Davis, California, revised November, 1946.
9. *Low Cost Houses*. Building Research Unit Bulletin No. 1, Council of Scientific and Industrial Research, Roorkee, U. P., India, September, 1949.
10. *Methods of Tests for Soil Classification and Compaction*. British Standards Institute, British Standard 1377, British Standards House, 2 Park Street, London, W.1, 1948.
11. Middleton, G. F. *Earth Wall Construction*, Commonwealth Experiment Building Station Bulletin No. 5, Sidney, Australia, 1952.
12. Webb, T. L., Cilliers, T. F., and Stutterheim, N. *The properties of Compacted Soil and Soil Cement Mixtures for Use in Building*, National Building Research Institute, Union of South Africa, Pretoria, Series DR2, March, 1950.
13. Wolfskill, L. A., Dunlap, W. A., and Gallaway, B. M. « Earth Home Construction, a Field and Library Compilation with and Annotated Bibliography », Texas Transportation Institute, College Station, Texas, Bulletin No. 18, March, 1962.