

1

212.5

80SH

LIBRARY

Reference Centre
for Community Water Supply

P M B

Puisard Maraîcher en Béton

Manuel Technique
2nd expanded edition

212.5/80SH
1028

1028

P M B

212.5
805H

Shallow Well Construction

Puisard Karaicher en Béton

UNIVERSITY
of California, Berkeley
for Community Water Supply

By Gary S. Eilerts &
Par David L. Ingold *

* Based on original work
by Von Hall
Special thanks to Republic of Niger

* Adapté d'une idée de
Von Hall
Remerciements à la Républi-
que du Niger.

2nd expanded edition 1980
Lutheran World Relief
360 Park Avenue South
New York, New York 10010

Table of Contents / Table de Matières

The PMB method	11
La méthode du PMB	
General construction procedure	14
Procédure générale de construction	
Materials and price per meter	17
Matériaux et prix de revient par mètre	
PMB advantages	18
Avantages du PMB	
Preparation of PMB site	20
Préparation du chantier PMB	
Construction of first well ring	21
Construction de la première buse	
PMB worksite tools	34
Outils du chantier PMB	
PMB well form materials	35
Matériel de fabrication d'un moule PMB	
PMB options	42
Options PMB	
Adaptations of the PMB concrete rings	53
Adaptation des buses de béton PMB	
 <u>Schemas</u>	
General scheme of PMB construction	13
Schéma général de construction	
PMB well form exploded diagram	19
Vue explosée d'un moule PMB	
Structural characteristics	24
Caractéristiques structurelles	
Well form pieces	37 - 41
Moule PMB	
Supplemental reinforcing rod	47
Armement supplémentaire en fer à béton	

P M B
SHALLOW IRRIGATION WELLS

Despite the widespread impression of the Sahelian zone as being one of extreme aridity and marginal water resources, there exist a great number of seasonal rainwater run-off lakes, ancient riverbeds that flow during the rainy season and submerge slightly underground during the dry season, low-lying marshy areas, and river-side flood plains, whose relatively easy-access water resources, and therefore, great agricultural potential, have not been immediately recognized in this zone of chronic food deficit.

As population pressure and poor soils begin to make clear, the upper limit on available, arable land for rainy season production of traditional cereal crops (millet and sorghum) is fast being reached. Therefore, any of the increases in food supply which are still required must come from a combination of genetic manipulation of these crops, better cultivation techniques allied with soil conservation measures, and dry season non-traditional irrigated agriculture. Of these three, the most likely immediate increases in the food supply will come from this third alternative. Notable successes to date include the several large rice schemes all along the length of the Niger River in the Sahel.

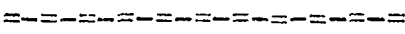
En dépit de l'idée largement répandue que la zone Sahélienne est une zone d'extrême aridité et de très faible ressource en eau, il existe un grand nombre de lacs saisonniers retenant les eaux de pluies, d'anciens lits de rivières qui se remettent à couler à la saison des pluies et s'enfoncent légèrement au sous sol à la saison sèche, des régions de bas-fonds marécageux, et des plaines alluviales inondées en temps de crues. Toutes ces ressources en eau d'accès relativement facile et dotant leurs environs d'un grand potentiel agricole, n'ont pas été immédiatement décelées dans cette zone de déficit alimentaire chronique.

A mesure que la pression démographique s'accroît et que la pauvreté des sols s'affirme on atteint rapidement la limite extrême de terres arables exploitables pour une production de saison des pluies des céréales traditionnelles (mil et sorgho). Donc tout accroissement des ressources alimentaires encore nécessaires doit provenir d'une combinaison de manipulation génétique de ces céréales, d'une amélioration des techniques de culture alliée à des mesures de conservation des

However, experience has also shown that these large schemes are great consumers of limited national and international development financing, and that even when spectacularly successful in agricultural production, are often plagued by infrastructural, transport, and pricing deficiencies which dilute the potential wider impact of the surplus food production in these restricted areas.

Local small gardening projects

More recently, in particular since the drought of the early 1970's, another, complementary approach has become the subject of numerous small scale dry season irrigated agricultural development projects and activities. This approach tries to put these many high water-table areas under irrigated cultivation using only the essential minimum of resources necessary in most cases, free or subsidized seeds, a minimum of planting and growing information, and reliance on traditional, lowest-technology irrigation practices.



sols et d'une agriculture irriguée non-traditionnelle en saison sèche. De ces trois alternatives, celle qui produira le plus certainement l'accroissement le plus immédiat des ressources alimentaires est la troisième. Les succès les plus notoires à ce jour comprennent les vastes programmes de culture du riz tout le long du Fleuve Niger au Sahel.

Cependant l'expérience a également montré que ces vastes programmes étaient grands consommateurs de financement national et international et que même lorsque la production agricole était un succès spectaculaire ils souffraient souvent d'importantes carences d'infrastructures de transport et d'une mauvaise politique de prix qui diminuaient à néant le plus grand impact potentiel qu'aurait pu avoir la production alimentaire excédentaire de ces régions limitées.

Jardinage Micro-Projects

Plus récemment, et en particulier depuis la grande sécheresse du début des années 1970, une autre approche complémentaire est devenue le sujet de nombreux petits projets et activités de développement agricole par irrigation en saison sèche. Cette approche essaie de mettre en cultures irriguées de nombreuses régions où la nappe phréatique affleure en utilisant que le minimum essentiel des ressources nécessaires dans la plupart des cas des semences gratuites ou offertes en subventions, information minimum sur la façon de planter et de cultiver et confiance faite aux pratiques d'irrigations traditionnelles.

For the small amount of financial resources put into play, these actions are unmatched in giving increased, cost-efficient agricultural production, which has the advantage of being produced locally, in and around a great number of widely dispersed areas, where the food deficit and relief supply distribution problems are usually the greatest.

In addition, these actions, being very intense local efforts whose various subsidies, material interventions, and resultant production are so very visible and so closely related over a short time frame, provide incomparable immediate political and social benefits to the political unit which provides and/or administers them.

Any unified approach to increased food production in the Sahel will sooner or later of necessity expand the attention given to this type of action because the extent of the need is so great, the financial resources so few, and the potential labor and water resources in the dry season so vastly underused.

Considérant le faible montant des ressources financières mises en jeu, ces actions n'ont pas leurs pareilles pour donner à un prix rentable une production agricole accrue ayant l'avantage d'être produite sur place à l'intérieur et dans les environs d'un grand nombre de régions très dispersées où le déficit alimentaire et les problèmes de distribution des vivres de secours sont souvent les plus grands.

De plus ces actions représentent un effort très intense de subventions diverses d'interventions matérielles et la production qui en résulte dans un laps de temps très court y est si visiblement et si étroitement reliés que l'unité politique qui les met en œuvre leur procure un bénéfice social et politique incomparable.

Toute action globale pour accroître la production vivrière au Sahel devra tôt ou tard s'intéresser davantage à ce type d'action, car on en aura de plus en plus besoin étant donné la faiblesse des ressources financières et la grave sous exploitation des ressources potentielles en hommes et en eau pendant la saison sèche.

Small Gardening Project Characteristics

The farming, or perhaps more correctly, the gardening of a high water-table area, usually requires that the water-table be less than 10 meters deep, so as to permit one farmer and his family to raise sufficient irrigation water for their irrigated crops in a reasonable length of time. Any deeper than 10 meters, it becomes more difficult to raise sufficient water to grow a crop that can support those who work on it.

Traditional crops grown or capable of being grown around these areas range from peppers, cassavas, calabashes and infrequent garden vegetables, to more recent introductions of corn, wheat, sweet potatoes, potatoes, tomatoes, cowpeas, sorghum, and additional garden vegetables. Although individual plots range from a few square meters to just over one hectare (2 1/2 acres), the usual size of a garden handled by one family tends to be near 20 to 30 acres on the average (2000 - 3000 sq.m).

The greatest number of these high water-table areas are, however, also usually too limited in surface area and in number of gardeners involved to permit any large infrastructural (pumps, dikes, canals, etc.) investment. Infrequently, some of these areas will be found to have a history of gardening and even relatively sophisticated traditional water raising devices (délou, shaouf, etc) and intricate water distribution system. The usual however, is still to find water raised by hand, in buckets or calabashes, and distributed to the garden plots in small hand-dug, dirt-lined canals.

Caractéristiques de micro-projets en jardinage

Cultiver ou peut être plus exactement jardiner dans une région où la nappe phréatique est proche de la surface nécessite généralement que la nappe phréatique soit à moins de 10 mètres de profondeur de façon à permettre à un fermier et à sa famille d'hisser suffisamment d'eau d'irrigation pour leurs cultures irriguées en un laps de temps raisonnable. A partir de 10 m de profondeur il est plus difficile de hisser suffisamment d'eau pour entretenir une exploitation qui puisse faire vivre ceux qui y travaillent.

Les cultures traditionnelles ou celles qu'on peut mener à bien dans ces régions sont des poivrons, du manioc, des calabasses et de rares potagers. L'introduction des cultures plus récentes telles que le maïs, le blé, la patate douce, la pomme de terre, la tomates, le niébé, le sorgho et autres potagers. Bien que la parcelle de chaque individu va de quelques mètres carré, un peu plus d'un hectare, la dimension habituelle d'un jardin entretenu par une famille tend à mesurer près de 20 à 30 ares en moyenne (2000 - 3000 m²).

Ces régions où la nappe phréatique affleure, bien que très nombreuses sont malheureusement trop restreintes et ne concernent chacune qu'un trop petit nombre de jardiniers pour permettre d'y faire de gros investissements d'infrastructure (pompe, digues, canaux, etc). Parfois, mais rarement, on découvrira que certaines de ces régions possédaient déjà un système de jardinage traditionnel et même des moyens relativement sophistiqués d'exhaure l'eau (délou, shadouf etc) ainsi que des systèmes de distribution de l'eau. Plus fréquemment, cependant, l'eau est hissée à la main, dans des seaux ou desalebasses et distribuée aux parcelles par des petits canaux creusés à la main entre les murets de boue.

The obstacles most frequently met in areas which dispose of the physical characteristics needed for gardening (suitable soils, high water-table), yet which exhibit marginal gardening or none at all usually are :

- a) a lack of awareness/cultivation knowledge
- b) lack of seeds and/or implements
- c) animal watering rights conflict with garden protection ; and
- d) the insufficiency of the traditional irrigation well.

It is with this last element that we are here concerned.

Insufficiency of Traditional Irrigation Wells

The returns on food production to the individual using the most common traditional gardening methods and implements, remain greatly limited by traditional well technologies which usually do not meet irrigation needs. Traditional wells are rarely reinforced, and when they are, only by grasses, branches, and other large wood. Such wells, usually found in relatively sandy areas around the high water-table point, will begin to collapse at the water-line when the water in the well reaches a certain minimum height and weakens the walls, or when the continually agitated water being drawn from the well gradually erodes the walls of the well around it. The life span of such a well is very short.

=====

Les obstacles les plus fréquemment rencontrés dans ces régions qui disposent des caractéristiques nécessaires au jardinage (un sol approprié - une nappe phréatique élevée) mais où néanmoins on ne trouve qu'un maigre jardinage ou même pas du tout, sont :

- a) un manque de perception des possibilités de connaissances sur les cultures
- b) un manque de semences et/ou d'outils
- c) les droits des animaux à s'abreuver entrant en conflit avec la sauvegarde du jardin ; et
- d) l'insuffisance des puits d'irrigation traditionnels.

C'est ce dernier élément qui nous intéresse ici.

L'Insuffisance des Puits d'Irrigation Traditionnels

Ce que rapporte la culture vivrière à l'individu qui utilise les méthodes et les outils les plus traditionnels, reste extrêmement limité par les technologies archaïques de forage qui ne répondent pas à ses besoins. Les puits traditionnels sont rarement renforcés et quand ils le sont ce n'est qu'avec des herbes des branches ou autre morceau de bois. De tels puits qu'on rencontre souvent dans les régions relativement sabloneuses des points d'affleurement de la nappe phréatique,

Seen from the gardener's point of view, the structural nature of the problem becomes very clear. His well can only contain a limited height (quantity) of water before it begins to cave-in. This limited quantity of water is usually not enough to irrigate a garden large enough to support a family from its production or its proceeds. As he deepens the well to get more water, he hastens its collapse. A totally collapsed well requires rapidly digging a new well and laboriously relocating the network of small irrigation canals radiating out from it, all the while racing to meet the daily water needs of his garden. Even should he be able to reinforce his well sufficiently to theoretically provide the needed quantity of water, evaporation and percolation losses over the sandy soils of his irrigation canals additionally restrict the potential gardening area around the well.

=====

commenceront à s'effondrer à la limite de la surface de l'eau quand elle atteint une certaine hauteur minimum et affaiblit les parois, ou bien lorsque l'eau perpétuellement agitée chaque fois qu'on la puise arrose petit à petit les parois du puits qui l'entoure. La durée d'un tel puits est très courte.

Du point de vue du jardinier, il devient très clair qu'il y a là un problème de structure. Son puits ne peut contenir qu'une hauteur (quantité) limitée d'eau avant de commencer à s'effondrer. Cette quantité d'eau limitée n'est en général pas suffisante pour irriguer un jardin assez grand pour qu'une famille se nourrisse de ce qu'il produit ou le commercialise. A mesure qu'il creuse plus profondément pour avoir plus d'eau il accélère son effondrement. Un puits complètement effondré exige qu'on en recreuse rapidement un autre, qu'on déplace laborieusement tout le réseau des petits canaux d'irrigation qui s'en éloignent en faisceaux et ceci en toute hâte si l'on veut satisfaire les besoins quotidiens en eau du jardin. Quand bien même il arrivait à consolider suffisamment son puits pour fournir théoriquement la quantité d'eau nécessaire, les pertes par évaporation et infiltration dans le sol sablonneux de ces canaux d'irrigation restreignent dès le départ la surface cultivable autour du puits.

In the end, he is forced to have more than one well for his garden and to spend much time, energy, and sometimes some of the scarce hard currency that he may have to keep his irrigation wells at a minimum functioning level. The environmental stresses occasioned by the continuous cutting of trees, bushes, and grasses to reinforce his wells, pose an additional, usually unperceived, future threat to the viability of his garden environment and to his activity there.

The nature of the problem of an appropriate irrigation-well technology then becomes clear as having two important sides. First, the potential need, in numbers of wells, matches and probably exceeds the already large number of potential farmers. Second, the financial and related resources that are available to deal with this need on the individual gardener's level, and on the governmental level simply do not exist to be able to respond to the extent of the need with present well technologies.

Finalement il est forcé d'avoir plus d'un puits pour son jardin et de dépenser beaucoup de temps et d'énergie, parfois même un peu de cette monnaie si rare et difficile à se procurer, pour pouvoir maintenir ses puits d'irrigation à un niveau minimum opérationnel. La pression imposée à l'environnement par l'abattage continu d'arbres, l'arrachage de buissons et d'herbes pour consolider ses puits menace de surcroît à son insu, la viabilité même de l'environnement de son jardin et son activité en ce lieu.

Il devient clair qu'il y a deux aspects importants au problème de la technologie d'un puits d'irrigation bien adapté. Tout d'abord le besoin potentiel en nombre de puits est en rapport et même excède le nombre de fermiers potentiels. Ensuite les ressources financières et autres qui sont disponibles pour satisfaire ce besoin au niveau individuel du jardinier et au niveau gouvernemental ne permettent tout simplement pas de répondre à ces conditions avec les moyens en main.

Appropriate Irrigation Wells

It is now possible to draw the schematic lines of an appropriate response to the problem of constructing large numbers of low-cost irrigation wells. It should :

- a) be constructed of low-cost, durable, and easily available materials ;
- b) demand low technological skills in those who construct it, and if possible, use the ready supply of interested and motivated manpower available on the spot, the gardeners themselves ;
- c) require minimum of infrastructural and institutional support facilities ; and,
- d) be sensitive to the fragile ecological environment in which it is to be constructed (avoid the use of wood and other vegetation).

A method of constructing irrigation wells which adheres to minimum requirements will be able to furnish them in the great quantity needed and eliminate this major obstacle to the profitable gardening of high water-table areas.

=====

Puits d'Irrigation Appropriés

Nous pouvons à présent ébaucher les grandes lignes d'une réponse au problème de la construction en grands nombres de puits d'irrigation à un faible prix de revient. Ils devront :

- a) être construits à peu de frais à l'aide de matériaux durables qu'on puisse se procurer facilement.
- b) ne nécessitant de ceux qui les construisent que très peu de connaissances techniques particulières, et si possible être construits par ces hommes disponibles, directement intéressés à leur réalisation , les jardiniers eux-mêmes ;
- c) être réalisables indépendamment de toute infrastructure en ayant le moins possible recours à l'administration ; et
- d) respecter le fragile équilibre écologique de leur environnement (l'utilisation de bois et autre végétation devra être évité).

Une méthode de construction qui répond à ce minimum d'exigence pourra fournir la grande quantité de puits d'irrigation nécessaires et éliminer l'obstacle majeur au maraîchage dans les régions où la nappe phréatique affleure.

The P.M.B Method

The P.M.B (Puisard Maraicher en Béton) method of construction of shallow irrigation wells has been created to adaptively deal with the need for these wells in the Sahelian environment, and to take into account the requirements listed above. However, as no one method of well construction can respond to all the possible combinations of geological, financial, and social context into which it must fit, the P.M.B has been designed to provide a maximum of selective options, to be chosen by those who would use it, which permit it to be individually tailored to the existing conditions of its zone of implantation.

The nature of the P.M.B system, (a modified use of the "caisson" method of well construction) inherently limits its use to depths of approximately 10 - 12 meters (as the column is sunk, the build-up friction between the column walls and the exterior sandy walls eventually prevents further sinking.) As this maximum depth also corresponds to the optimum range of water-table depth for gardening, its use will usually be restricted to this. However, P.M.B's may also be used for human consumption wells in such areas (precautions being taken to provide a more sanitary water), and for animal watering wells

La Méthode du P.M.B

(Puisard Maraicher en Béton) est une méthode de construction de puits d'irrigation peu profonds conçus pour répondre aux besoins précis de l'environnement Sahélien et qui remplisse les conditions citées ci-dessus. Cependant étant donné qu'aucune méthode de construction de puits ne peut répondre à toutes les combinaisons possible et contextes géologiques, financiers et sociaux dans lesquels elle doit s'adapter, le P.M.B a été conçu pour fournir le maximum d'options sélectives parmi lesquelles ceux qui veulent l'utiliser devront choisir pour l'amener à satisfaire dans chaque cas individuel aux conditions existantes dans la région où il sera implanté.

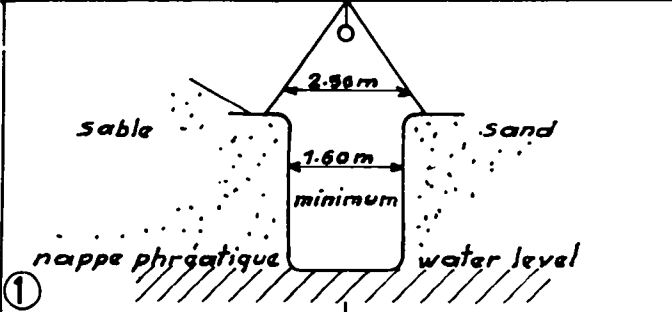
La nature du système du P.M.B (une modification de la méthode de construction de puits en "caisson") est telle qu'elle limite son utilisation à des profondeurs approximatives de 10 à 12 mètres (lorsqu'on fait descendre la colonne le frottement qui se crée entre les parois de la colonne et les parois sablonneuses à l'extérieur finit par empêcher qu'on la fasse descendre) d'avantage comme cette profondeur maximum correspond également à la profondeur optimum à laquelle se situe la nappe phréatique utilisable pour le maraîchage, c'est à cet

usage qu'on le réservera. Néanmoins, les PAB peuvent aussi être utilisés pour faire des puits d'eau potable dans de telles régions (dans la mesure où l'on prend les précautions nécessaires pour que l'eau soit plus saine), ainsi que des puits servant à abreuver le bétail.

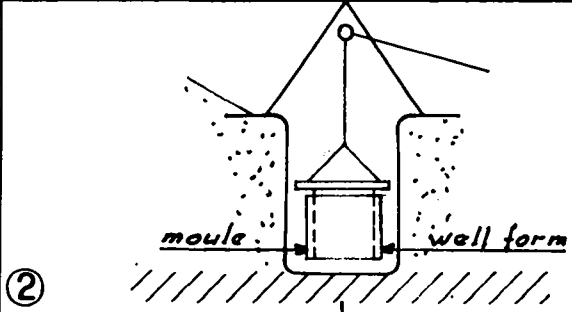
PROCEDURE GENERALE DE CONSTRUCTION * OPTIONS

GENERAL CONSTRUCTION PROCEDURE * OPTIONS

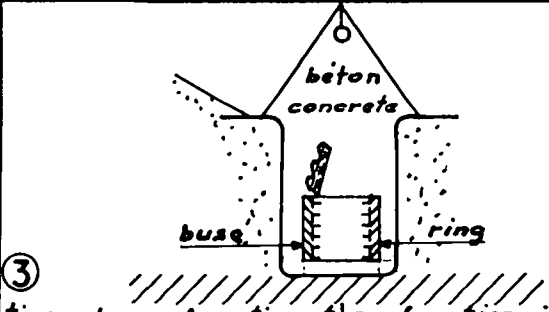
P. M. B



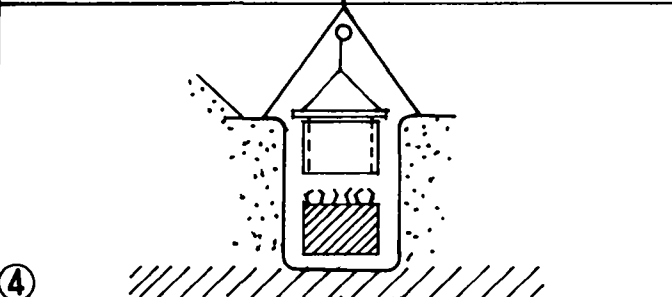
① *préparation excavation: excavée jusqu'à la nappe si les parois sableuses promettent de tenir.*
preparation of well hole: dug to water level if sandy walls will hold.



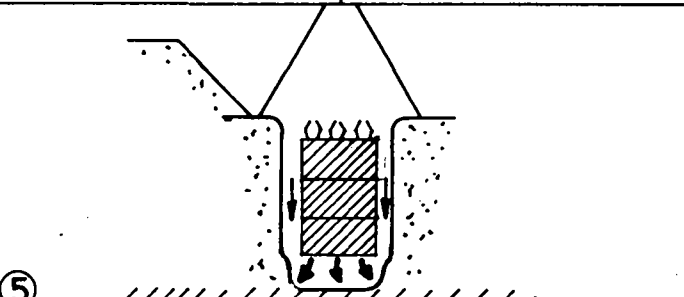
② *moule P.M.B mis en place et nivelé. * trousse coupante mise en place et moule assis la-dessus.*
*well form put in place and levelled. * cutting edge is placed first and well form is set ON it.*



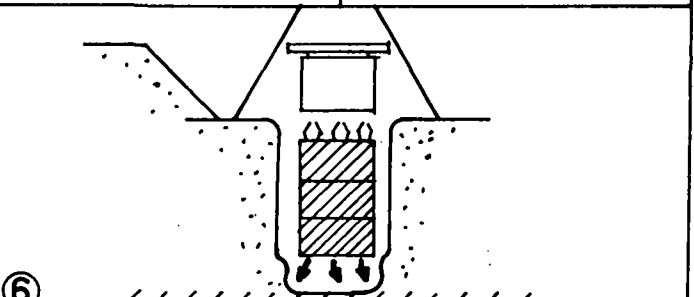
③ *tiges de perforation et batonnets mis en place. béton introduit. fers à béton anfonces. * au cas d'un armement lourd pour un P.M.B plus profond, l'armement est mis en place avant d'introduire le béton.*
*perforation pins, rebar put in place. concrete introduced. rod put in concrete. * if heavy reinforcing is needed for greater depth, it is put in before introducing concrete.*



④ *moule assis sur la première buse et la deuxième est construite comme la première. la même procédure est répétée jusqu'à ce que la colonne ainsi formée dépasse le niveau du sol.*
well form is reset on 1st ring and 2nd one is constructed like the first. the procedure is repeated for following rings until the column rises above the surface of the soil.



⑤ *l'excavation du sable en dessous de la colonne la fait descendre. garder la colonne à plomb dans sa descente. * rentré dans la nappe une pompe peut être utilisée - enlever le sable et l'eau. * gravier de la masse filtrante mis à la troussée coupante.*
*by manually removing the sand directly beneath the column, it will rapidly descend. care must be taken that the column stays straight up and does not lean. * when water is reached a pump may be used to remove sand and water. * gravel placed ON cutting edge lip.*



⑥ *après un à deux mètres de descente, la prochaine buse est construite sur la colonne. cette procédure est répétée autant de fois qu'il faut pour que l'eau dans le puits soit suffisante. trou comble de gravier et sable autour de la colonne.*
after one-two meters descent of column, next ring is cast on top of column. procedure repeated as many times as needed to permit sufficient amount of water in well. hole filled with gravel and sand around the column.

With minor modifications, the cylindrical PMB concrete rings can also be used for water reservoirs next to the well, water towers of limited height, watering, grain storage bins, and composting pits.

General Construction Procedure

The most basic PMB shallow irrigation well is one constructed as follows (see general schema) :

The hole for the well is dug to near the water-table depth. The PMB well form is put into the well and levelled. Concrete is poured into the form and left 24 - 36 hours to set-up. The form is then removed from the first ring, and then reassembled upon it. A second and following rings are constructed until the column of rings extends above the rim of the hole. A person then descends into the PMB well column and progressively removes the sand earth, and then water from beneath the column. When the column has sunk approximately one meter, another concrete ring is constructed on the top of the column. The column is sunk again and another ring is poured. This procedure is repeated until it becomes physically impossible to remove any more sand from the bottom of the column because of the depth of water in the column.

En y apportant quelques modifications mineures, les buses cylindriques bétonnées des PMB peuvent aussi servir de réserves d'eau près des puits, de petits châteaux d'eau, d'abreuvoirs pour arroser, de silos et de trous à compost.

Procédure Générale de Construction

Le puits d'irrigation peu profond PMB le plus rudimentaire se construit comme suit : (voir croquis général)

On creuse le trou pour le puits de façon à approcher la profondeur de la nappe. Le moule PMB est introduit dans le puits et nivelé. On verse le béton dans le moule et on le laisse se fixer pendant 24 à 36 heures. On retire alors le moule de la première buse ainsi obtenue et on le réajuste au dessus. Un second, puis d'autres buses successives sont construites jusqu'à ce que la colonne de buses dépasse le bout du trou. Quelqu'un descend alors dans la colonne du puits et retire progressivement la terre sablonneuse puis de

l'eau, d'en dessous de la colonne. Quand la colonne s'est enfoncée d'à peu près un mètre, une autre buse de béton est recoulée en haut de la colonne. La colonne est enfoncée plus profondément et autre buse est encore coulée. On répète l'opération jusqu'à ce qu'il devienne physiquement impossible de retirer d'avantage de sable du fond de la colonne à cause de la profondeur de l'eau.

Numerous options in this construction procedure can be added to make the well column potentially more resistant to stress and torsion, provide for a layer of gravel filter encircling the column, facilitate the sinking and removal of earth from beneath the column, and permit a deeper penetration into the water-table. These additions tend to raise the cost per well and may only add marginal improvements to the efficiency of the well. They may also however, be necessary elements given the conditions into which the well is to be introduced. The final choice should be made according to those considerations particular to the well-site.

Usual methods of organization of a PWB construction program in the rural area usually are preceded by a short 3 - 4 week training program. A small number of young men from the local area are chosen to be trained as team leaders who will guide individual farmers in the construction of their own well. The farmer provides the sand, gravel, labor and in most instances either full or partial payment of the cement and structural steel used.

De nombreuses alternatives peuvent être ajoutées à ce procédé de construction pour rendre la colonne potentiellement plus résistante à la poussée et à la torsion, on peut ajouter une couche de gravier filtrant encerclant la colonne, faciliter la descente de la colonne et l'enlèvement de la terre de dessous la colonne et permettre une pénétration plus profonde dans la nappe phréatique. Ces compléments tendent à élever le prix de chaque puits et ne peuvent apporter que des améliorations accessoires à l'efficacité du puits ou ils peuvent cependant être des éléments nécessaires selon les conditions dans lesquelles le puits doit être réalisé. Le choix définitif devra être fait compte tenu des particularités du lieu d'implantation du puits.

Les méthodes habituelles d'organisation d'un programme de construction de PWB dans une zone rurale comprennent généralement un stage de formation préalable de 3 à 4 semaines. On choisit sur les lieux un petit nombre de jeunes gens qui seront les moniteurs d'équipe et guideront chaque fermier dans la construction de son propre puits. Le fermier fournit le sable, le gravier, la main d'œuvre, et dans la plupart des cas le paiement complet ou partiel du ciment et de l'armature utilisée.

Materials and Price per meter

The construction of one meter of a PNB irrigation well of 1.20 meter inside diameter requires :

- 1) 2 ½ sacks of cement (125 kg) ;
- 2) 5 - 10 meters of reinforcing rod of 10mm diameter ; and
- 3) a quantity of sand and gravel, approximately 5 times as much as the cement.

The approximate cost of one meter of PNB is therefore the cost of the above items transported to the site, and the amortizing of the PNB well from over a minimum of 100 rings, or 125.000 Frs CFA (600 \$ US) divided by 100.

PNB Advantages

The PNB has proven, in the five years of its use in Niger, to be :

- a) simple enough in conception and procedure to be constructed by rural villagers having little or no technical construction skills;
- b) of long-term durability and flexibility to respond to more rigorous soil and water conditions ;
- c) the least expensive method of providing a large number of reinforced irrigation wells ;
- d) very undemanding of institutional follow-up and logistic and heavy construction equipment ;
- e) protective of the ecological environments of its implantation by eliminating use of wood and other vegetation ; and
- f) a sensitive vehicle for introducing greater self-reliance into rural communities.

=====

Matériaux et Prix de Revient par mètre

La construction d'un mètre de puits d'irrigation d'un mètre de hauteur sur 1 m 20 de diamètre intérieur nécessite :

- 1) 2 ½ sacs de ciment (125kg)
- 2) 5 à 10 m de fer à béton de 10 mm de diamètre, et
- 3) une quantité de sable 5 fois plus grande que celle du ciment.

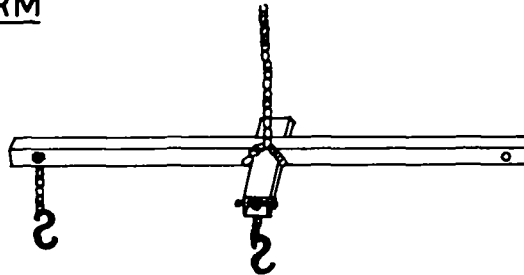
Le coût approximatif d'un mètre de PNB correspond donc aux prix des articles ci-dessus transportés sur le lieu d'implantation, et l'amortissement du moule après y avoir coulé au moins 100 buses, soit 125.000 F CFA (600 \$ US.) divisé par 100.

Avantages du PAB

Après 5 ans d'utilisation au Niger, le PAB s'est révélé :

- a) de conception et d'utilisation suffisamment simple pour que les villageois sans compétence technique particulière puissent en construire eux-mêmes ;
- b) à longue échéance, résistant et d'une grande souplesse lui permettant de s'adapter à toutes les situations aussi délicates soient elles ;
- c) la méthode le bon marché permettant de fournir en grand nombre des puits d'irrigation renforcés ;
- d) une opération qui peut suivre son cours sans que l'administration se donne la peine de la suivre de près et qui n'a pas besoin d'un équipement de construction lourd ou compliqué à transporter ;
- e) protecteur de l'équipement écologique de son lieu d'implantation dans la mesure où il élimine l'utilisation du bois et d'autres végétaux ; et
- f) un moyen subtil et efficace pour les communautés rurales reprennent confiance en elles mêmes.

VUE EXPLOSEE D'UN MOULE PMB
EXPLODED DIAGRAM OF PMB SHALLOW
IRRIGATION WELL FORM



CROIX DE LEVAGE
LIFTING CROSS

(1) barre de declenchement.
interior release bar.

(4) crochets intérieurs.
interior loops.

(1) moule : tôle intérieure.
interior well form piece.

(122) trous de perforation.
perforation holes.

(4) trous de dressage
extérieurs.
exterior receiving
holes.

(1) moule : tôle extérieu
re.
exterior well form
piece.

pattes d'écar.
tement.
spacers.

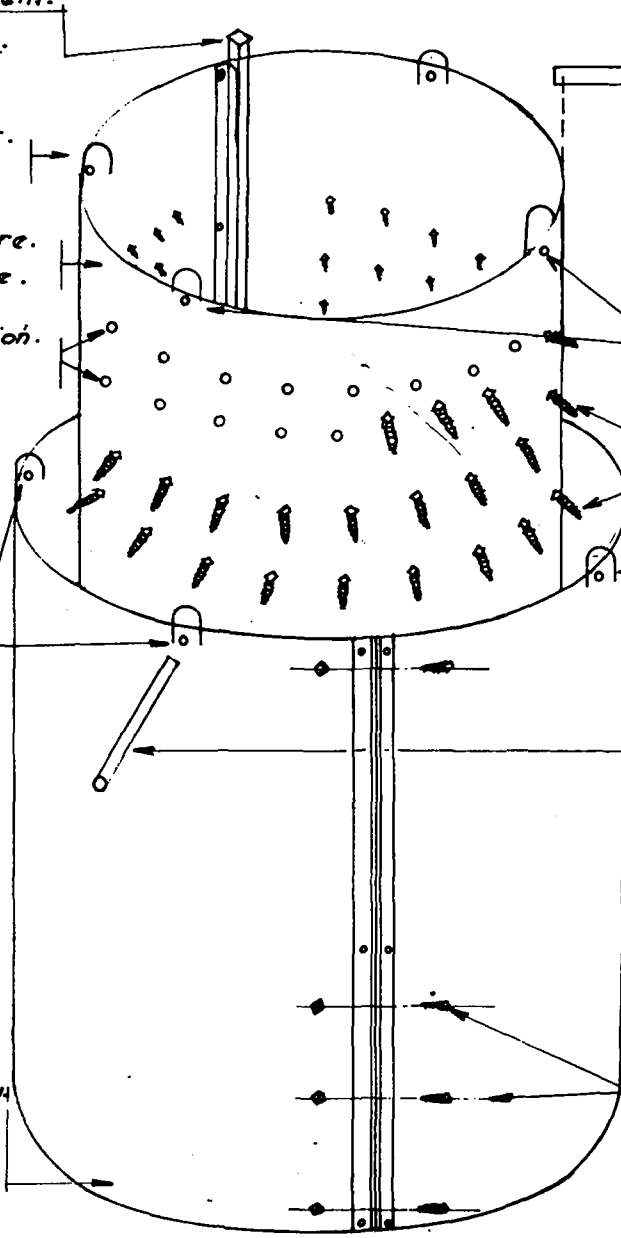
trous de dres-
sage intérieurs.
interior receiving
holes

tiges de
perforation.
perforation pins.

crochets ex-
térieurs.
exterior loops

batonnets de
dressage.
receiving pins.

boulons de
fermeture.
closing bolts.



Preparation of P.M.B. Site

- Verify that all tools and materials used in the construction of the P.M.B. are on hand. Sufficient quantities of cement, reinforcing rod, sand (as free of other materials as possible), gravel (2 to 3 cm in diameter is preferred) and sufficient water for the mixing and subsequent wetting of the completed rings. (see "P.M.B. Worksite Tools" for a listing of all tools necessary).
- Prepare a clean mixing surface near the proposed well by covering a circular area 2 to 3 m in diameter with concrete of an approximate thickness of 3 - 4 cm.
- Dig a well hole that descends to the point where the moisture indication the water table is first found. The diameter of this hole should be from 20 to 60 cm larger than the outside diameter of the well to be constructed. (Example : a well of 1,20 m diameter will have an outside diameter of 1,40 m when adding the thickness of the walls of the well - 10 cm times 2 - therefore the well hole should be of a 1,60 m to 2 m diameter).

Préparation du Chantier P.M.B.

- Vérifier que tous les outils et matériels utilisés dans la construction du P.M.B. soient prêts. Quantités suffisantes du ciment, de fer à béton/tige de renforcement, sable (démunis de tous autres matériels), gravier (2 à 3 cm de diamètre est préféré) et assez d'eau pour le mélange et le mouillage subséquent des anneaux complets. (Voir "Outils sur chantier P.M.B" pour une liste de tous les outils nécessaires).
- Préparer une surface pour le mélange près du puits proposé en couvrant une surface circulaire de 2 à 3 m de diamètre avec du béton d'une épaisseur approximative de 3 à 4 cm.
- Creuser un trou qui descend jusqu'au point où l'humidité indiquant la nappe phréatique peut être trouvée. Le diamètre de ce trou doit être de 20 à 60 cm plus grand que le diamètre extérieur du puits à construire. (Par exemple : un puits de 1,20 m de diamètre aura un diamètre extérieur de 1,40 m quand on ajoute l'épaisseur des parois 2 fois 10 cm - ainsi la nappe phréatique aurait un diamètre de 1,60 m à 2 m).

Should the sand in which the hole is to be dug be of such loose consistency that it will not support itself during the digging, the hole should be stopped at a couple of meters and the construction of the first well ring should proceed.

- The floor of the well hole should then be levelled in preparation for the placement of the well form.
- Set the tripod and pulley into place over the hole and anchor the tripod firmly.

Construction of First well Ring

(For construction of cutting edge see "PEB Options")

- Lower the inner and outer sections of the well form into the hole using the lifting cross. Align the receiving holes at the top edge inner section so that they face those on the outer section.
- Set the spacers around the top edges of the inner and outer sections of the well form so that they produce a uniform space of 10 cm between the inner and outer sections.
- Insert the 122 perforation pins into the holes found on the inner section of the well form.

Si le sable dans lequel le trou est prévu continue à se lâcher et ne peut pas se supporter pendant le creusement, le trou devrait être arrêté à quelques mètres et la construction de la première doit commencer.

- Le plancher du trou devrait alors être nivelé en préparation du placement du moule.
- Placer le trépied et la poulie au dessus du trou et enclouer le trépied fermement.

Construction de la Première Buse du Puits

(Pour la construction de la buse coupante, voir "Option PEB")

- Descendre les sections intérieures et extérieures du moule dans le trou en utilisant la croix de levage. Aligner les trous de réception au bord du sommet de la section intérieure pour qu'ils soient face à face à ceux de la section de la section extérieure.
- Mettre les barres d'espacement autour des bords du sommet des sections intérieures et extérieures de la forme du puits pour qu'il ait un espacement uniforme de 10 cm entre les sections intérieures et extérieures.

- Verify that the entire well form is now sitting level at the bottom of the hole.
- Mix the cement, sand and gravel with a small quantity of water until the concrete thus formed is of a thoroughly moist but not runny consistency. Proportions used in this mix are : 1 unit cement to 2 units sand and 3 units gravel.
- Lower the concrete to the well form and pour it into the 10 cm space between the inner and outer sections. Using a stick, tamp down the concrete to a sure that no empty pockets develop. Continue tamping as the concrete fills the well form.
- When the well form is filled, stick the reinforcing rods at regular intervals into the concrete which has been poured until half of each rod is covered.

- Insérer les 122 tiges de perforation dans les trous trouvés sur la section intérieure du moule.
- Vérifier que le moule tout entier maintenant le même niveau qu'au fond du trou.
- Mélanger le ciment, le sable et le gravier avec une petite quantité d'eau jusqu'à ce que le béton formé soit complètement humide ; mais pas liquide. Le dosage pour ce mélange est le suivant : ~~ixx~~ l'unité de ciment à 2 unités de sable et 3 unités de gravier.
- Descendre le béton dans le moule et le verser dans l'espacement de 10 cm entre les sections intérieures et extérieures. En utilisant un béton, damer le béton pour s'assurer qu'il n'y a pas de poches vides. Continuer à donner au fur et à mesure le béton rempli la forme du puits.
- Quand la forme du puits est remplie, placer les baguettes de renforcement à intervalles régulières dans le béton qui a été versé jusqu'à la moitié de chaque tige est couverte.

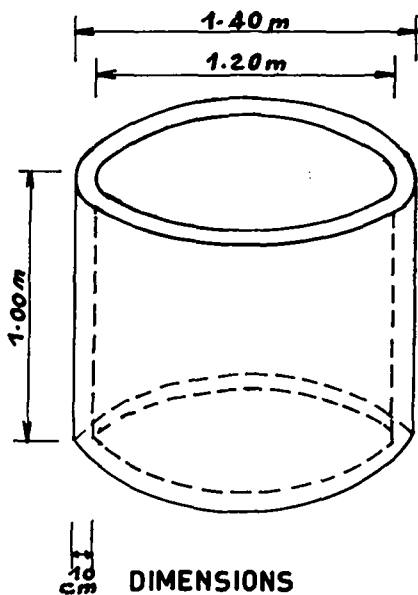
- If heavy reinforcing (horizontal and vertical rods) is desired, the outer form should be set in place and the reinforcing put in place before the inner section of the well form is lowered into place. Once the concrete is being poured, verify that no **reinforcing rod can touch the well form section** as this will keep it from being encased in concrete and will encourage rusting and eventual weakening of the reinforcement.
- Insert the 4 receiving pins (straight reinforcing rod approximately 20 cm in length) into the receiving holes at the top of the well form sections. A minimum of 2 cm of concrete should lie over these receiving pins to permit correct formation.

- Si on désire un renforcement lourd (baguettes horizontales et verticales), le moule doit être mis en place avant que la section intérieure du moule ne soit descendue en place. Une fois le béton est versé, vérifier qu'aucune baguette de renforcement ne touche les sections du moule, si non ceci va l'empêcher d'être enfermé dans le béton et va rouiller et affaiblir le renforcement.
- Insérer les 4 batonnets de dressage (baguettes de renforcement droites d'une longueur approximative de 20 cm) dans les trous de dressage au sommet des sections du moule.

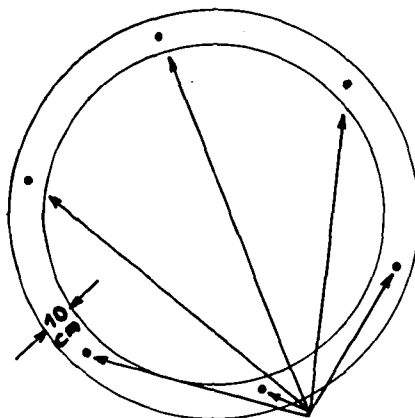
CARACTERISTIQUES STRUCTURELLES

PMB

STRUCTURAL CHARACTERISTICS



emplacement de l'armement en fer à béton entre deux buses.
placement of reinforcing rod between two rings



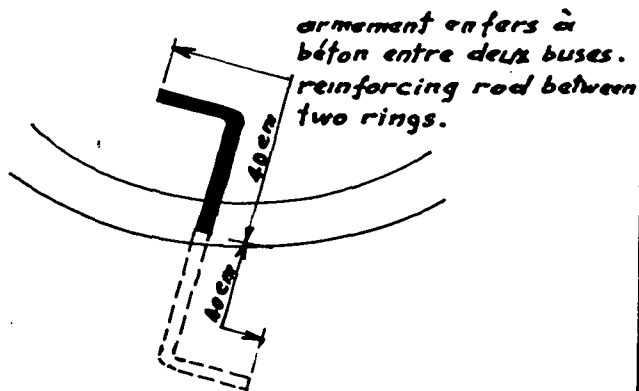
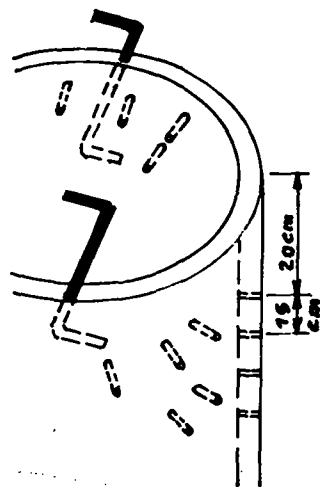
six fers à béton verticaux de 10 ou de 8 mm: armement minimum.
six vertical reinforcing rods of 10 or 8 mm: minimum reinforcement.

MELANGE BETON - CONCRETE MIXTURE

sable 5 sand
gravier 5 gravel
ciment 2 cement

TROUS D'INFILTRATION - INFILTRATION HOLES

rangs: 5: rows
trous par rang: 22: holes per row
trous total: 110: total holes
diamètre trous: 20.5 mm: hole diameter



les trois premières buses sont perforées de 122 trous d'infiltration (en pente faible montant de l'extérieur vers l'intérieur de la buse).

the bottom three rings are perforated by 122 infiltration holes which have a slight slope which rises from the exterior to the interior of the ring.

of the receiving holes essential to the placement of the succeeding well form and construction of the next ring. Should the well form be incorrectly levelled, one or more of the pins may not be completely covered by concrete when the form is filled. (See Troubleshooting for correction).

- During the next 24 hours while the concrete is setting up, it is necessary :

1. every 4 to 6 hours to rotate the perforation and receiving pins in their holes in order that they not stick to the concrete ;

2. every 6 to 8 hours to douse the concrete ring with water to continue the "curing" of the concrete. This curing should continue over the next 3 to 4 weeks to increase the strength of the ring. Incompletely cured concrete compromises the durability and life of the well.

- the perforation and receiving pins, the spacers and the well form may be removed after 24 hours.

Construction of Successive Rings

- Construction of a succeeding well ring should not begin until 48 hours after the preceding one has been poured (24 hours after the well form has been removed from the new ring).

Le béton d'une épaisseur minimum de 2 cm doit être coulé sur ces batonnets de dressage afin de permettre une formation exacte des trous de dressage qui sont essentiels au placement du moule suivant et la construction de la prochaine buse. Si le moule est mal nivelé un ou plusieurs des batonnets ne pourraient être complètement couverts par le béton quand la forme est remplie. (Voir pour correction).

- Après 24 heures que le béton est mis en place, il est nécessaire:

1. de tourner toutes les 4 à 6 heures les batonnets de dressage et les tiges de perforation dans leurs trous pour qu'ils ne collent pas au béton.

2. de plonger toutes les 6 à 8 heures la buse de béton dans l'eau pour continuer la consistance du béton. Cette consistance doit continuer pendant 3 à 4 semaines pour augmenter la résistance de la buse. La consistance incomplète du béton compromet la durée du puits.

- La tige de perforation, les batonnets de dressage, les baguettes d'espacement et le moule pourraient être retirés après 24 heures.

Construction des Buses Successives

La construction d'une buse suivante du puits ne doit commencer que 48 heures après que la buse précédente ait été coulée. (24 heures après d'enlèvement du moule).

- The 4 receiving pins are inserted in the receiving holes which have been formed near the top of the first concrete ring.
- Perforation pins are placed in the uppermost of the perforation holes of the first ring and the platform is placed on the pins to provide a perch for the workers constructing the second ring.
- Lower the two sections of the well form, one at a time, onto the first concrete ring where they will stand on the receiving pins. As the inner section is bolted together, it should be rotated on the first ring so that the bolted juncture stands directly above its previous position on the first ring. This same procedure is repeated for the outer section and for all following rings.
- Set the spacers at regular intervals around the top of the well form. Perforation pins are also put in place.
- Verify that the well form sits levelly upon the first ring and make adjustments if not.
- The same procedure must now be followed as in the construction of the first ring. Care must be taken to not dislodge the well form during the pouring of the concrete. It is essential that the well form be leveled on the first ring in order to construct a straight column of rings. Crookedness diminishes the strength of the well and should be avoided as greatly as possible.

- Les 4 batonnets de dressage sont insérés dans les trous de dressage qui ont été formés près du sommet de la buse de béton.
- Les tiges de perforation sont placées à la partie la plus haute des trous de dressage de la première buse et la plateforme est placée sur les batonnets pour donner une perche aux ouvriers qui construisent la deuxième buse.
- Descendre les deux sections du moule une à une sur la première buse de béton où elles se tiendront sur les batonnets de dressage. Puisque la section intérieure est verouillée, elle devrait être tournée vers la première buse pour que la joncture se tienne directement au dessus de sa position précédente sur la première buse. La même procédure est répétée pour la section extérieure et pour toutes les buses suivantes.
- Mettre les baguettes d'espacement à intervalles régulières autour du sommet du moule. Les tiges de perforation sont aussi mises en place.
- Vérifier que le moule a le même niveau que la première buse. Il faut prendre soin de ne pas déloger le moule pendant la coulée du béton. Il est essentiel que le moule soit au niveau de la première buse afin de construire une colonne droite des buses. La malformation diminue la résistance du puits et doit être évitée autant que possible.

- Perforation pins which form the 122 perforation holes of the rings are usually placed in the first three rings constructed. This will permit adequate passage of ground water into the well. After the third ring the perforation pins are no longer used except to form platform supports. It will be noted that some small amount of concrete will initially escape from the empty holes but this is of no consequence if tamping of the concrete has been adequate and the concrete is not excessively runny.
- Construction of successive rings should continue until the column of concrete rings which has been formed rises slightly above ground level.
- At this point it is useful to assure that the perforation holes are clear and unobstructed on either end by running a piece of reinforcing rod through all of them.

Water-Table Penetration

The ideal period of the year for the construction of the PMB well is that in which the water-table **has descended to its deepest level**. This will normally assure that the PMB well will contain water at the driest period of the year. Abnormal yearly variations in which the water-table descends markedly from its normal lowest level will require that the well be resunk, or that additional smaller rings be placed at the bottom of the well and sunk into the new water table level. Both procedures require much effort and should be avoided if at all possible by descending the PMB as deep as possible at its initial construction.

- Les tiges de perforation qui forment les 122 trous de perforation des buses sont d'habitude placées dans les 3 premières buses construites. Ceci permettra un passage proportionné de l'eau du sol dans le puits. Après la troisième buse, les tiges de perforation ne sont plus utilisées, si oui pour former les supports de la plateforme. On remarquera qu'une petite quantité de béton va s'échapper des trous vides, mais ceci n'a aucun effet si le béton a été bien damé et n'est pas coulant.
- La construction des buses successives doit continuer jusqu'à ce que la colonne des buses de béton qui a été formée s'élève un peu au dessus du niveau du sol.

- The general procedure of water-table penetration involves :
 1. Sinking the well column one meter by removing the sand beneath it ;
 2. Constructing an additional meter of well ring on the top of the well column ;
 3. Resinking the complete column by one meter by again excavating it.

This procedure should continue until a minimum of 2 meters of water fill the well column and effectively render excavation of additional sand possible without more complicated means not available at the site.

- With only manual labor available, the procedure is accomplished by one person excavating sand at the bottom of the well column. Sand is removed evenly from beneath the well column and lifted out of the well. The well column will perceptibly descend during this process and can be extremely rapid once the water-table has been well penetrated and sand has become supercharged with water. (* For use of pump during penetration see "PMB, Options").
- Care must be taken to assure that the well column not begin to lean during this descent. Sand should be uniformly and progressively removed from beneath all points of the well column. A well column which leans too far to the side will be extremely difficult to redress and may cause of the column.

La Pénétration de la Nappe Phréatique

La période idéale de l'année pour la construction d'un puits PMB est celle pendant laquelle la nappe phréatique atteint son niveau de profondeur le plus élevé. Ceci prouvera que le puits PMB contiendra également de l'eau pendant la période la plus sèche de l'année. Les variations annuelles anormales dans lesquelles la nappe phréatique descend d'une façon marquante de son niveau le plus bas nécessitera que le puits soit coulé de nouveau ou que les buses supplémentaires plus petites soient mises au fond du puits et coulées compte tenu du nouveau niveau de la nappe phréatique. Les deux procédures nécessitent beaucoup d'effort et devraient être évitées en creusant le PMB aussi profondément que possible dès sa construction initiale.

A ce point, il est important de s'assurer que tous les trous de perforation sont libres et dégagés à chaque bout en y poussant une baguette de renforcement.

La procédure générale de la pénétration de la nappe phréatique comprend :

1. La coulée à fond de la colonne du puits d'un mètre en enlevant le sable du dessus.
 2. La construction d'un mètre supplémentaire de buse du puits au sommet de la colonne de celui-ci.
 3. La recoulée à fond de la colonne entière d'un mètre en creusant en dessous. Cette procédure doit continuer jusqu'à ce qu'un minimum de 2 mètres d'eau remplisse la colonne du puits et effectivement, rendre l'excavation supplémentaire du sable impossible par des moyens compliqués n'existant pas au chantier.
- Rien qu'avec la main d'oeuvre disponible la procédure est faite par une personne en creusant le sable du fond de la colonne du puits. Le sable est dégagé du dessus de la colonne du puits et enlevé hors du puits. La colonne descend sensiblement pendant ce procédé et peut être extrêmement rapide dès lors que la nappe phréatique ait bien pénétrée et le sable complètement surchargé avec de l'eau. (* Pour l'utilisation de la pompe pendant la pénétration, voir "P.M.B, Option").
- S'assurer que la colonne du puits ne commence pas s'incliner pendant la descente. Le sable doit être uniformément et progressivement enlevé du dessous de tous les points de la colonne. Une colonne du puits qui s'incline trop de côté sera extrêmement difficile à redresser et pourra causer la rupture de la colonne.

- Simple plumb bob lines may be attached from the top of the well column to hang at several points inside the well. (Strings with bolts attached serve the purpose sufficiently). The plumb bob line which hangs freely away from the wall indicates to person excavating the side where he should immediately excavate.
- After the descent of the column by a meter in depth, the construction of a succeeding ring on top of the column should proceed.
- To assure better infiltration of water into the well column, gravel should be poured around the exterior of the column as it is being sunk and should surround the column at the level of the four bottommost rings. (* For additional information see "PMB Options").
- Excavation should not recommence until the column has descended another meter at which time another ring should be constructed on the top of the column.

- De simples pendules de plomb peuvent être attachées à partir du sommet de la colonne du puits pour être pendues à plusieurs points à l'intérieur du puits. (Les fils avec nerroux attachés se nouent parfaitement). Les pendules de plomb librement accrochées le long du mur indiquent à la personne enlevant le sable, le lieu où elle doit immédiatement creuser.

Après la descente de la colonne d'un mètre de profondeur la construction d'une buse successive en haut de la colonne doit suivre.

- Pour assurer une meilleure infiltration d'eau dans la colonne du puits, le gravier doit être versé au contour extérieur de la colonne au fur et à mesure qu'il ait coulé à fond au niveau des quatre buses les plus bas. (Pour information supplémentaire, voir "Options PMB").
- L'excavation ne devrait pas recommencer avant que la colonne ait été descendue d'un mètre supplémentaire, période pendant laquelle une autre buse devrait être construite au sommet de la colonne.

- This procedure is repeated as many times as necessary until the water inside the column reaches a depth at which the person excavating the sand can no longer continue.
- At this termination point, at least 50 cms of the column should still be above ground level, and if not, an additional ring, or half ring with reinforcement rods extruding, should be poured to permit for some additional subsidence in the well column. This above-ground portion of the column will also provide some protection for children and animals and will also reduce the amount of dirt and other undesirable material falling into the well column.
- The reinforcing rods which extend from the last ring should then be bent to lie upon the lip of the well column and should be covered by a light layer of cement to protect them in case of future need.

=====

- Cette procédure est reprise autant de fois que c'est nécessaire jusqu'à ce que l'eau à l'intérieur de la colonne atteigne une profondeur ne permettant plus à l'homme chargé de creuser de continuer.
- A ce point final, une distance d'au moins de 50 cm de la colonne devrait exister au dessus du niveau du sol, dans le cas contraire une buse supplémentaire ou demie buse avec des baguettes de renforcement devraient être coulée afin de permettre quelque effondrement supplémentaire dans la colonne du puits. La partie au dessus du sol de la colonne apportera une certaine protection aux enfants et aux animaux et réduira aussi la quantité d'ordures et autres objets indésirables pouvant tomber dans le puits.
- Les baguettes de renforcement qui se prolongent à partir de la dernière buse devraient être couvertes d'une légère couche de ciment pour protéger au cas ou besoin se manifesterait.

- Gravel, sand and dirt should be poured into the hole surrounding the well column and packed well. An apron of concrete of approximately 1 to 2 meters width and 5 to 10 cms thickness can be poured around the well head to protect from infiltration of water next to the well column, and will also serve to keep the area more sanitary. The apron should not however touch the well column. A gap of 1 to 2 cms should be left to allow the column to subside slightly without hindrance.
- A concrete disc of approximately the same diameter as the well can be placed at the bottom of the well to facilitate the cleaning of the well in future years. Gravel may also be used in its stead.
- As important as all other steps in the construction of the MB well is the three times daily sprinkling of water on the newly constructed well rings. Should the new rings dry out in the first 30 days, the chemical reaction which strengthens new concrete will abruptly stop. Concrete which has been water cured will be roughly twice as strong after two weeks as new, uncured concrete. Sprinkling should continue regularly and copiously during the first month after construction.

Le gravier, le sable, et la terre devraient être versés dans le trou entourant la colonne du puits et bien tassés. Une aire de béton d'une largeur approximative d'1 à 2 mètres et de 5 à 10 cm d'épaisseur peut être versée autour de la tête du puits pour le protéger contre l'infiltration de l'eau près de la colonne, et apportera à la place des conditions plus sanitaires. Cependant l'aire ne devra pas toucher la colonne. Une couverture de 1 à 2 cm doit être laissée pour permettre à la colonne de s'affaisser un peu dans l'obstacle.

- Un disque en béton presque de même diamètre que le puits peut être placé au fond du puits pour faciliter la propreté dans le futur. Le gravier peut aussi être utilisé à sa place.
- Aussi important que les autres étapes de la construction du puits MB, est l'arrosage 3 fois par jour des buses nouvellement construites. Si les nouvelles buses sont sèches pendant les 30 premiers jours, la réaction chimique qui renforce le nouveau béton s'arrêtera immédiatement. Le béton qui a été solidifié avec de l'eau sera deux fois aussi consistant après deux semaines que le nouveau béton, non solidifié. L'arrosage doit continuer régulièrement et abondamment pendant le premier mois après la construction.

PMB Worksite Tools

- 2 Open end wrenches (with at least
one 17 mm end)
- 1 Italian bucket for pouring cement
- 1 Bucket
- 1 Screw driver (large)
- 1 Metal saw and blades
- 1 Crow bar
- 1 Tape measure
- 2 Shovels
- 1 Ball peen hammer
- 1 Roll of light string
- 1 Watering can
- 1 Safety helmet

Outils de Chantier PMB

- 2 Clés plates de 17 mm
- 1 Seau italien pour verser le ciment
- 1 Seau
- 1 Grand tournevis
- 1 Scie à métal et lames
- 1 Barre à mine
- 1 Mètre à mesurer
- 2 Pelles
- 1 Marteau à panne ronde
- 1 Rouleau de ficelle
- 1 Arrosoir
- 1 Casque de sécurité

PMB Well form Materials

(1.20 diameter)

Well Form

5 Sheets of 2 mm steel, 2m x 1m dimension
6 Meters angle iron - 35mm x 35mm x 3.5mm
12 Meters hoop steel - 30mm x 4mm
3 Meters square tube steel - 50mm x 50mm
20 Bolts 10mm x 40mm long
20 Round head bolts - 8 x 30mm long
18 Meters rerod - 10mm thick
6 Meters rerod - 6mm thick
5 Bolts - 10mm x 80mm long

Tripod

9 m (3 x 3m) galvanized
pipe - 60/70mm dia-
meter
1.50 m (3 x 50cm)
galvanized pipe
80/90 diameter
1.50 m hoop steel
30 x 4 mm

Accessories

1 meter chain (link diameter 12 mm)
30 meters sisal rope 25/30 mm diameter
1 Pulley

NOTE : After the steels sheets have been cut to size and joined together by welding to give the exact length (circumference) desired for both the inside and the outside well form pieces, and after the infiltration holes have been drilled (10.5mm diameter) in the inside well form piece, both sheets must be mechanically rolled to give a circular bend to them. The machine which bends metal sheets existe in most capital cities.

=====

Matériel de Fabrication d'un Moule PMB

(Diamètre intérieur 1,20m)

Moule

5 Tôles noires de 2mm - 2m x 1m
6 m for cornière de 35 x 35 x 3,5mm
12 m fers plats de 30 x 4mm
3 m tube carré - 50mm x 50mm
20 boulons - 10 x 40mm longueur
20 boulons poeliers 8 x 30mm longueur
18 m fer rond de 10mm
6 m fer rond de 6 mm
5 boulons 10 x 80 mm longueur

Trepied

9 m (3 x 3m) tuyau galvani-
sé de 50/70mm diamètre
1,50 m (3 x 50cm) tuyau
galvanisé de 80/90 diam.
1,50 m fer plat 30 x 4mm

Accessoires

1 m chaîne (largeur maillon 12 mm)
30 m corde sisale - 25/30 mm diamètre
1 Poulie

NOTE : Après que les feuilles métalliques aient été coupées selon les dimensions, les souder pour donner la longueur exacte (circonférence) désirée pour les pièces internes et externes du moule, et après que les trous d'infiltrations aient été perforés (10,5mm de diamètre), dans la pièce intérieure du moule, les deux feuilles devraient être pliées d'une manière mécanique afin de leur donner une forme circulaire. Les machines qui plient les feuilles métalliques existent dans la plupart des capitales.

- 34 -

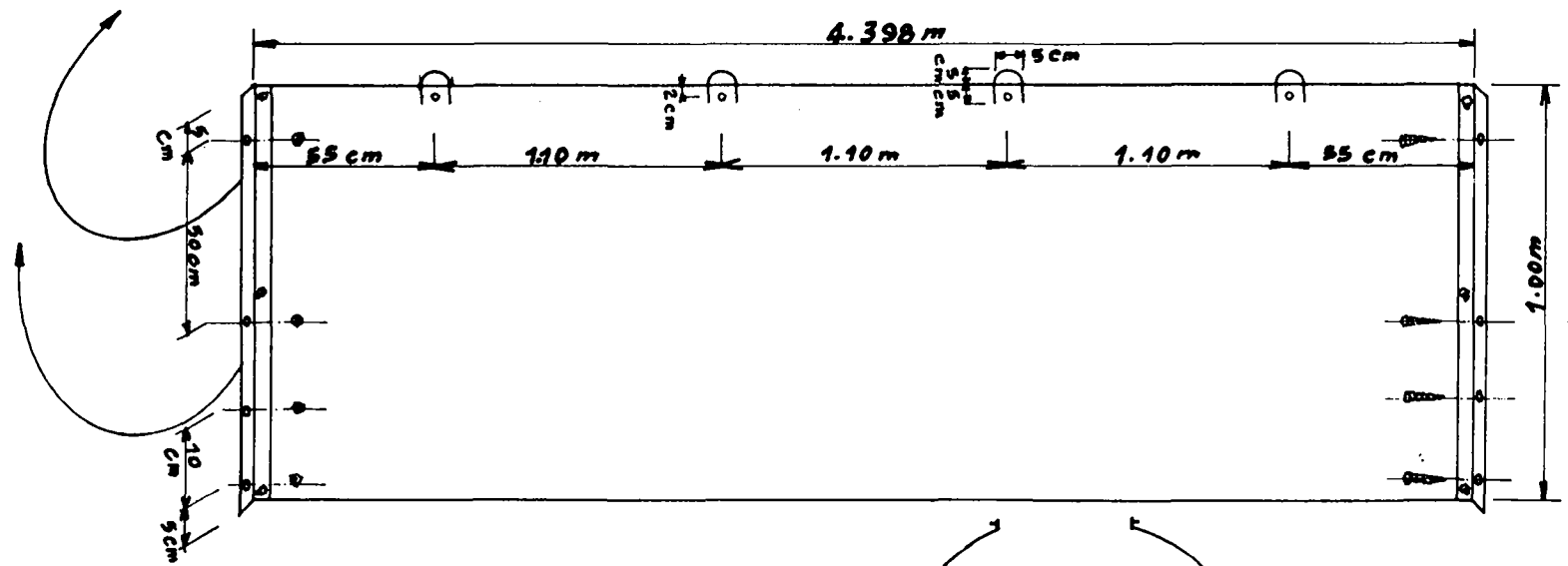
MOULE PMB

PMB WELL FORM

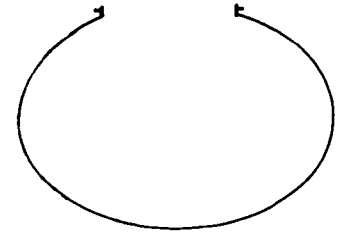
(diamètre
diameter 1.20 m)

TOLE EXTERIEURE DU MOULE: circonférence de 4.398 m
donnant un diamètre de 1.40 m pour production
d'une buse en béton d'un diamètre intérieur de 1.20 m.

EXTERIOR SHEET OF FORM: a circumference of 4.398 m
giving a diameter of 1.40 m which will produce a ring
of 1.20 m interior diameter.



tôle : 20/10 : sheet thickness
cornière: 3.5 : angle iron
trous ϕ 10.5 mm : hole diameter



VUE D'EN HAUT
SEEN FROM ABOVE

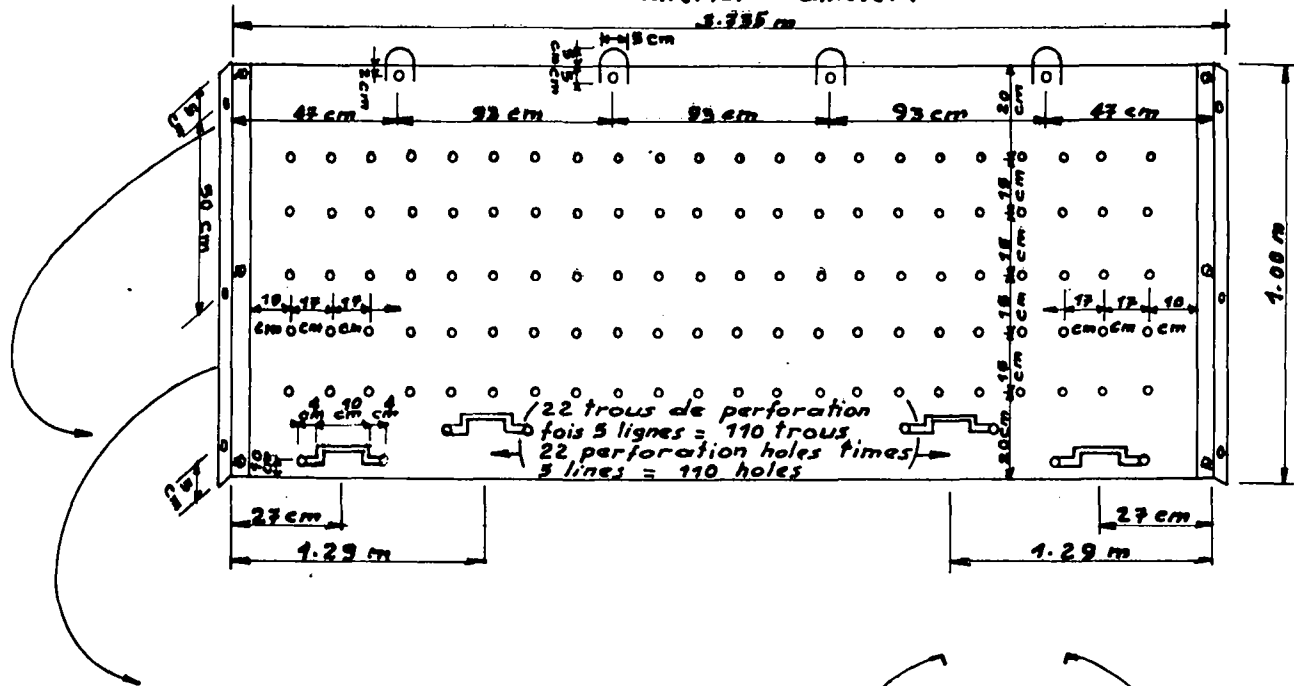
MOULE PMB

PMB WELL FORM

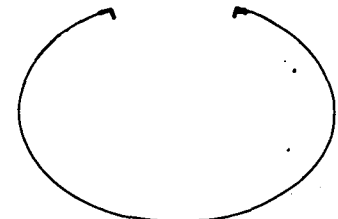
(diamètre 1.20m)
diameter

TOLE INTERIEURE DU MOULE: circonférence de 3.735 m
donnant avec barre de déclanchement de 3.5 cm
une buse de diamètre intérieur 1.20 m.

INTERIOR SHEET OF FORM: a circumference of 3.735 m
which gives with release bar of 3.5 cm a ring of 1.20 m
interior diameter.



- épaisseur tôle : 20/10 : sheet thickness
- cornière : 3,5 cm : angle iron
- trous ϕ : 10.5mm : hole diameter



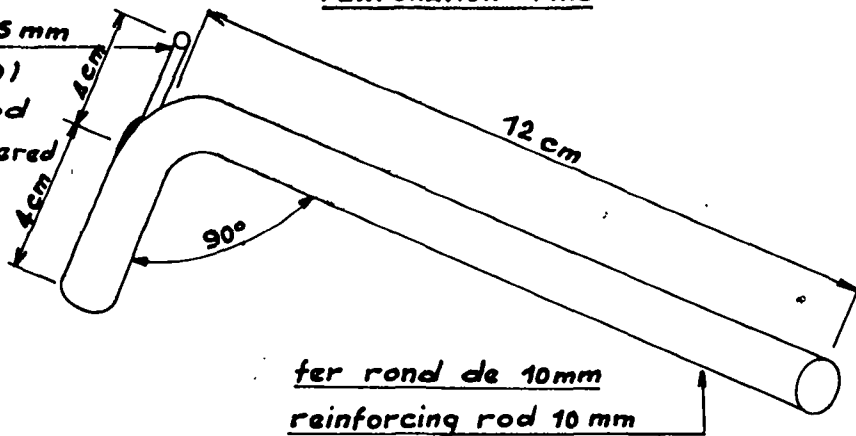
VUE D'EN HAUT
SEEN FROM ABOVE

MOULE PMB ACCESSOIRES

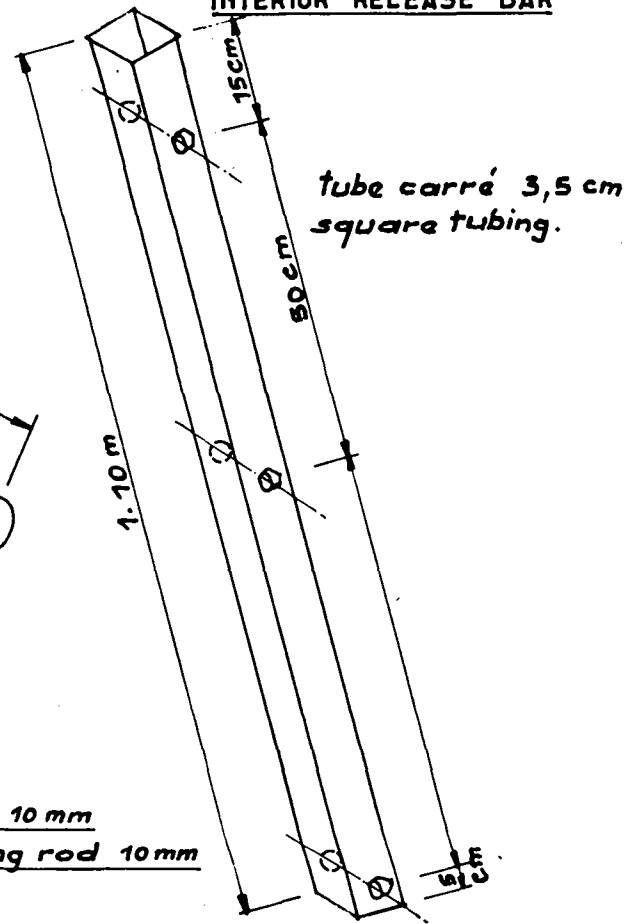
PMB WELL FORM ACCESSORIES (1.20m diamètre diameter) A

TIGE DE PERFORATION
PERFORATION PINS

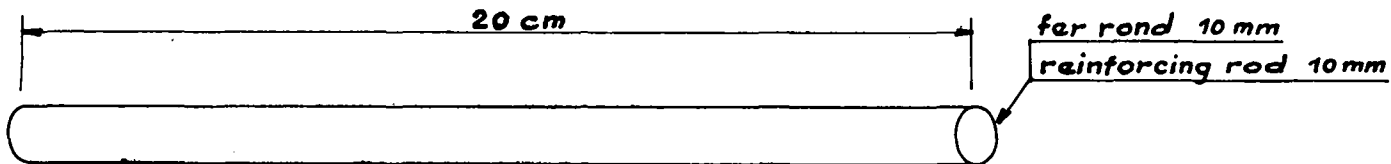
fer rond de 6 mm
(soudé au 10)
reinforcing rod
of 6mm. (soldered
to the 10)



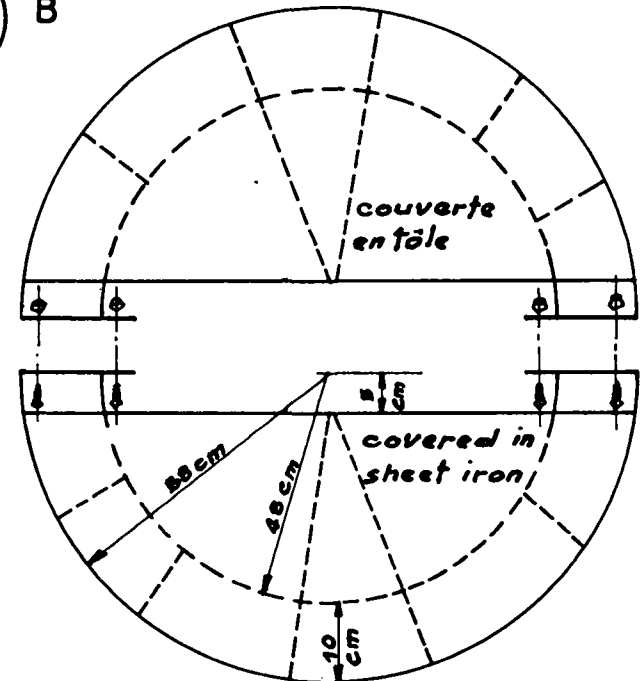
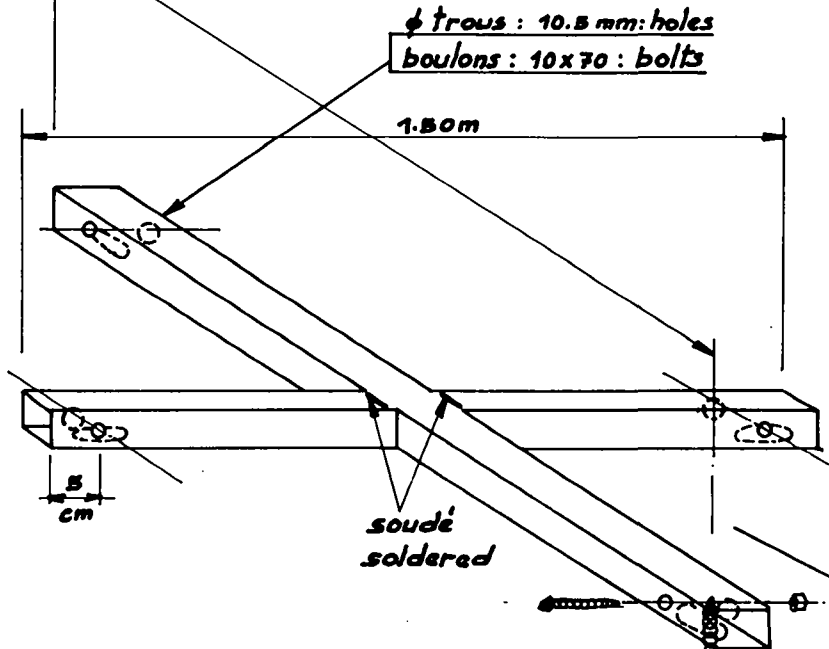
BARRE DE DECLANAGEMENT
INTERIEURE
INTERIOR RELEASE BAR



BATONNET DE DRESSAGE
RECEIVING PIN



PMB ACCESSOIRES DU MOULE (1.20 diamètre) **B**
WELL FORM ACCESSORIES



CROIX DE LEVAGE: construite de tubes carrés de 50mm; chaines pendues des boulons.

LIFTING CROSS: made of 50mm square tubing; chains and hooks hang from the bolt that passes through the arms of the cross.

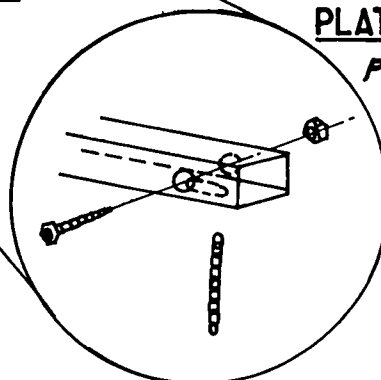
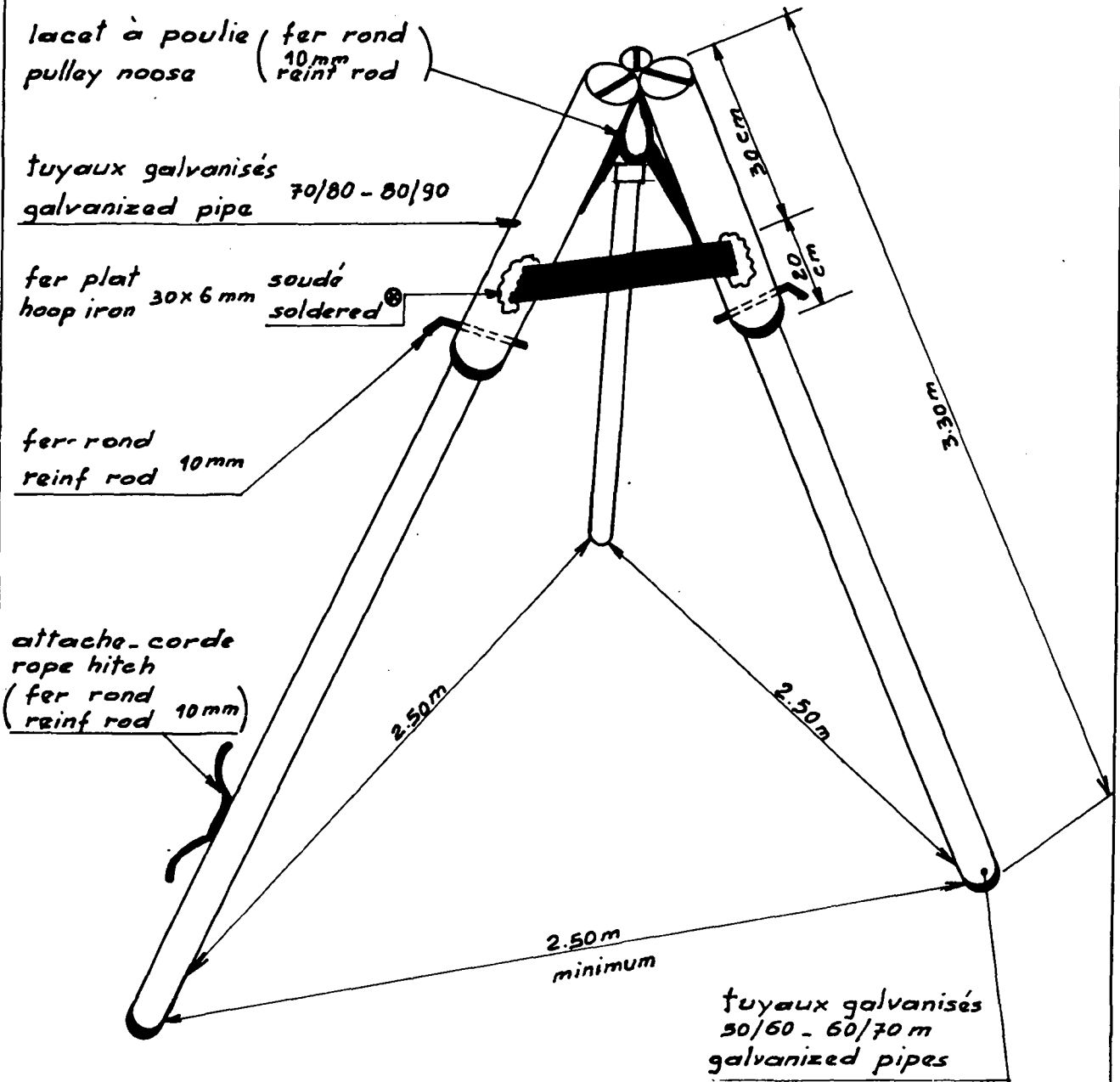


PLATE FORME: construite de fers plats de 30x4 mm. couverte par tôle de 20/10e; utilisée à l'intérieur du moule.

PLATFORM: made of 30x4 mm hoop iron; covered by sheet iron 20/10; used in the interior of the well form.

TREPIED PMB (diamètre)
TRIPOD (1.20m diameter)



⊕ - L'angle d'orientation des trois tuyaux de la tête du trepied doit permettre un écartement minimal des jambes au niveau du sol de 2.50m.

⊕ The three pipes which form the tripod head must be oriented to permit a minimum of 2.50m between the legs at ground level.

PMB Options

1. Cutting Edge (trousse Coupante)

The cutting edge is a well construction accessory which facilitates the descent of a well column placed upon it. Its tapered bottom edge provides less resistance to its descent than the blunt, flat bottom of the well ring. Slightly larger in diameter than the well ring it also provides a ledge on which a gravel filtering mass may ride down alongside the well column as the column is descended to provide better water infiltration into the pierced well ring.

Many methods exist to construct the cutting edge, yet all are relatively expensive, troublesome to construct, and as they are constructed outside of the well, difficult to transport because of their great weight.

The method presented here is an alternative to be tried in major well construction programs. It will save time, money and difficulty in many conditions. Its use, however, as for all technologies, must fit the natural and social contexts in which it is used. We present this as another alternative to consider among many.

Options PMB

1. Trousse coupante :

La trousse coupante est un accessoire de construction de puits qui facilite la descente d'une colonne placée au dessus de lui. Son fond apporte de résistance à sa descente que le fond épointé et plat de buse du puits. Un peu plus grand en diamètre que la buse, présente aussi un rebord sur lequel une masse filtrante de gravier peut aller vers le bas, le long de la colonne du puits au fur et à mesure que la colonne descend afin de permettre une meilleure infiltration dans la buse.

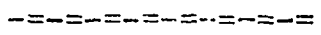
Plusieurs méthodes existent dans la construction de trousse coupante, mais toutes sont relativement chères, incommodes à construire et dès qu'elles sont construites en dehors du puits, elles sont très difficiles à transporter à cause de leur poids lourd.

La méthode présentée est une solution à essayer dans les programmes majeurs de construction de puits. Il va économiser du temps, de l'argent et de difficultés dans plusieurs conditions. Son usage pourtant, comme pour toutes technologies doit s'adapter aux contextes sociaux et naturels dans lesquels il est utilisé. Nous présentons ceci comme une autre solution à considérer parmi d'autres.

Two circles are traced in the levelled bottom of the well hole where the sand is moist but firm. The inner circle equals the inside diameter of the well to be constructed. The outer is 50 cm larger. The area between the two circles is excavated to a depth of 25 cms. However the sides of this excavation must slope inward until they come to a point 25 cms down and roughly equidistant from the top edges of the excavation. Sprinkling slight amounts of water or cement on the excavation's sides will help it to keep its shape.

Three circles of relatively light (4 or 5 mm) reinforcing rod are now fashioned in diameters of approximately 1.27, 1.45 and 1.63 meters. Twelve triangles of the same reinforcing rod are then formed, their sides being of 18, 20 and 20 cms long. These triangles are then attached to the circles with baling wire, the 18 cm sides of the triangles being positioned between the longest and shortest of the circles and the medium circle attached to the other end of the triangles. This forms a cage of reinforcing that approximates the shape of the excavation.

The cage is now positioned in the excavation. Slight bending of the cage or reworking of the excavation may be necessary for a good fit. Exactitude is not critical for any of the stages of this operation.



Deux cercles sont tracés dans le fond nivelé du trou de puits où le sable est humide mais ferme. Le cercle intérieur est égal au diamètre intérieur à construire. L'extérieur est de 50 cm plus large. La place entre les deux cercles creusée d'une profondeur de 25 cm. Pourtant les côtés de cette excavation doivent s'incliner vers l'intérieur jusqu'à ce qu'ils arrivent à 25 cm plus bas et presque equidistants du bord supérieur de l'excavation. L'arrosage d'une petite quantité d'eau ou de ciment sur les côtés d'excavation lui permet de garder sa forme.

Trois cercles relativement légers (4 ou 5 mm) de baguettes de renforcement sont maintenant façonnés de diamètres approximatifs de 1.27, 1.45 et 1.63 mètres. Douze triangles de mêmes baguettes de renforcement sont alors formés, leurs côtés étant 18, 20 et 20 cm de longueur. Ces triangles sont alors attachés au centre avec des fils d'emballage, les côtés de 18 cm des triangles étant situés entre le plus long et le plus court des cercles et le cercle moyen attaché à l'autre bout des triangles. Ceci forme une cage de renforcement qui rapproche la forme d'excavation.

La cage est maintenant située dans l'excavation. Un petit pliage de la cage ou le recommencement de l'excavation pourra être nécessaire pour un bon ajustement. L'exactitude n'est pas critique pour n'importe quelle opération.

Concrete is now mixed in the same dosage as is used in constructing the well rings.

The concrete is carefully poured over the cage as it sits in the circular excavation until it is filled. The top surface of the cutting edge thus formed should be smoothed to provide an even base on which to construct the first well ring. Approximately 36 to 48 hours should be allowed for the cutting edge to set up before constructing the first ring.

Le béton est maintenant mélangé dans le même dosage comme il est utilisé dans la construction des buses du puits.

Le béton est soigneusement versé sur la cage au fur et à mesure qu'il s'accumule dans l'excavation circulaire jusqu'à ce qu'il soit rempli. La surface supérieure de la trousse coupante ainsi devrait être aplaniée pour avoir une buse uniforme sur laquelle on construit la première buse du puits. On doit accorder une période approximative de 36 à 48 heures pour que la trousse coupante soit mise en place avant de construire la première buse.

2. Supplemental Steel Reinforcement

While the necessity of structural reinforcement (steel rod, wire, mesh, etc.) for concrete wells is unquestioned, it is very much more difficult to specify the exact quantity of such reinforcement needed for any individual well. Ideally this quantity would be determined for each well by the soil and water characteristics of its location, and by the dimensions of the well column to be constructed there. However, such calculations would require special expertise, and great amounts of time and money, and do not totally eliminate the possibility of unforeseen stress and damage to the column.

In such cases where the well must serve a large number of people over a long period of time, and for which considerable financial resources are available (a village drinking-water well is an example), maximal use of reinforcement to diminish risk of damage to the well is a wise use of resources. However, these are not the circumstances that usually surround a program to build a large number of shallow irrigation wells for small farmer use. A compromise must therefore be reached between the acceptable risk of column damage for these wells, and the high cost of an additional reinforcement.

2. Le Renforcement d'Acier Supplémentaire

Alors que la nécessité d'un renforcement structurel (baguette d'acier, fil de fer, maille, etc.) est incontestable pour la construction des puits en béton, il est plus difficile de préciser la quantité exacte d'un tel renforcement dont on a besoin pour un puits individuel. Cette quantité serait idéalement déterminée pour chaque puits en fonction des caractéristiques du sol et d'eau de son emplacement, et par les dimensions de la colonne du puits à y construire. Cependant de telles opérations nécessiteraient une expertise spéciale de grandes sommes d'argent et beaucoup de temps sans toutefois éliminer totalement les imprévus et dégâts de la colonne.

Dans le cas où le puits doit servir à une population nombreuse pendant une très longue période, et pour lequel les ressources financières considérables sont disponibles (à l'exemple d'un puits d'eau potable d'un village), l'utilisation maximale du renforcement est une application sage des ressources pour diminuer les risques, les dégâts du puits. Ces circonstances ne peuvent cependant pas s'appliquer pour la construction de puits à l'usage des petits fermiers individuels. Un compromis doit cependant s'établir entre

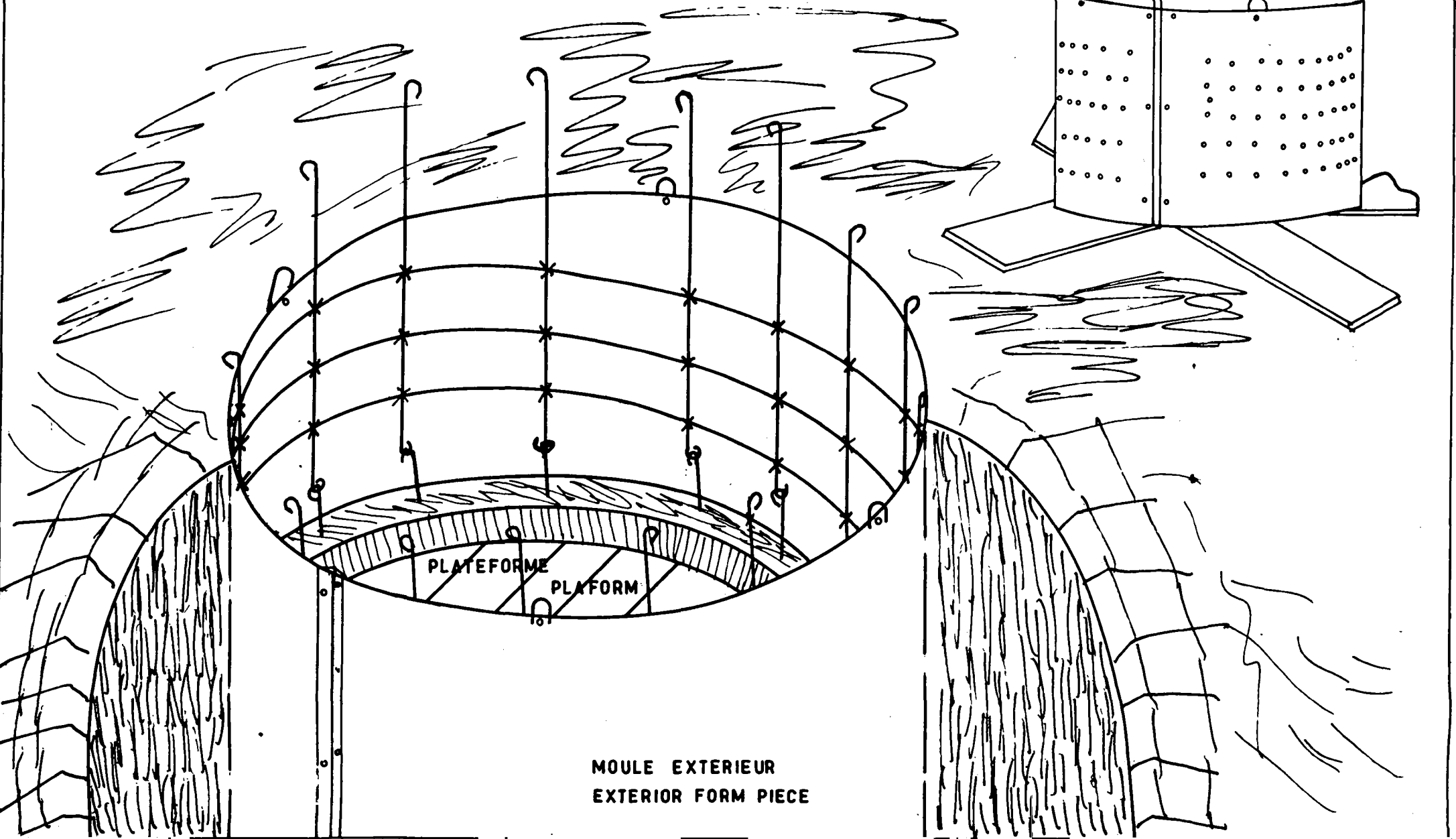
Experience has shown that the minimum amount of reinforcement suggested in earlier sections of this booklet does not involve unacceptable levels of risk of well damage when the wells are constructed in generally sandy soils, and when the length of the well column does not exceed 10 meters. In other conditions, (irrigation wells over 10 meters deep, layers of shale in the soil, etc.) supplemental reinforcement is desirable.

les risques acceptables, les dommages de la colonne de ces puits et le coût élevé du renforcement supplémentaire.

L'expérience a montré qu'un minimum de renforcement suggéré plutôt dans les sections de cette brochure n'implique pas de niveaux inacceptables de risques de dommage du puits lorsque les puits sont construits dans des sols généralement sableux, et quand la longueur du puits ne dépasse pas 10 mètres. En d'autres termes, le renforcement supplémentaire est nécessaire pour les puits d'irrigation de plus de 10 mètres (couches d'argile dans le sol, etc).

PMB ARMEMENT SUPPLEMENTAIRE EN FER A BETON
SUPPLEMENTARY REINFORCING ROD

MOULE INTERIEUR
INTERIOR FORM



MOULE EXTERIEUR
EXTERIOR FORM PIECE

3. Differing PMB diameters

While this booklet has dealt specifically with the construction of PMB wells of an internal diameter (from inside wall to inside wall) of 1.20 meters, somewhat of a range of diameters is feasible given some modifications of the well form (changes in the circumferences of the inside and outside well form pieces, addition or reduction of the infiltration holes, change in the length of the lifting cross, etc.). However, reduction of the internal diameter of the well to less than 90 centimeters is difficult to envisage because of the limited working space thus available to the constructor within the well ring.

Similarly, an increase in the diameter to more than 1.20 meters raises new problems in that the well form pieces become extremely difficult to move because of their weight, and the well form pieces tend to sag out of shape. These problems might be dealt with by cutting the well form pieces into two or three sections to be bolted together, or they might be reinforced around their circumference to deal with sag. However, it might also be appropriate, should a much larger diameter be needed, to consider other methods of well construction.

3. La Différence des Diamètres PMB

Alors que cette brochure s'est spécialement occupé de la construction des puits PMB d'un diamètre interne (d'une parois interne à une parois externe) de 1.20 m, une série de diamètres est quelque peu faisables étant donné quelques modifications du moule, (changements des circonférences des pièces internes et externes du moule addition et soustraction des trous d'infiltration, changement dans la longueur de la croix de levage etc). Pourtant la réduction du diamètre interne du puits à moins de 90 cm est difficile à envisager à cause de l'espace de travail limité alors disponible au constructeur à l'intérieur de la buse du puits.

D'une manière semblable, un agrandissement du diamètre de plus 1.20 m crée de nouveaux problèmes car les pièces du moule deviennent extrêmement difficiles à déplacer à cause de leur poids et elles tendent à fléchir. Ces problèmes peuvent être résolus en coupant les pièces du moule en deux ou trois parties de manière à être verouiller ensemble où elles pourraient être renforcées autour de

4. Water-Table Penetration Options

The period explained in this bookle on how to evacuate water and sand from beneath the well column with the objective of sinking it into the water-table, is certainly not the only, nor the best, method for such evacuation. It is, however, the least expensive, and if performed during the period when the water-table is lowest, will permit obtaining a year around level of 2 - 3 meters of water within the well during most years.

=====

leur circonférence pour s'occuper de l'affaissement. Pourtant il serait aussi convenable de considérer d'autres méthodes de construction de puits si jamais un diamètre plus s'avenait nécessaire.

4. Les Options de la Pénétration de la Nappe Phréatique

La méthode expliquée dans cette brochure sur la manière d'évacuer l'eau et le sable du dessous de la colonne du puits avec but de le couler dans la nappe phréatique n'est certainement ni la seule ni la meilleure méthode pour une telle évacuation. Elle est cependant la moins chère, et si elle opère pendant la période où la nappe phréatique est à son niveau le plus bas, elle permettra d'obtenir un niveau d'eau d'environ 2 - 3 mètres pendant plusieurs années.

If water table penetration must occur at other periods of the year, or if a more efficient method of water and sand evacuation is judged appropriate, a pump may be used. The pump should, of course be of a type which will not be damaged by the high sand content of the water, and if at all possible, should not be lowered into the well column because of exhaust fume build-up.

Rapid evacuation of the water in a well column also poses a problem in that sand particles are pulled from outside the well column to the interior and either block the infiltration holes, or create caverns around the well column which will compromise the strength of the well's walls. Moderation in the speed of evacuation is the only possible course using this method.

It has also been suggested that a derrick which could lower a large bucket with jaws, opening to scoop up the sand and water and closing to be lifted out, might be a feasible method of evacuation. We have yet to see this method used and therefore can not comment upon it.

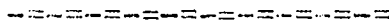
Si la pénétration de la nappe phréatique doit subsister pendant d'autres périodes de l'année, ou si une méthode plus efficace d'évacuation d'eau et de sable est jugée convenable, une pompe doit être utilisée. La pompe doit naturellement être d'un modèle qui ne sera pas endommagé par le contenu élevé du sable dans l'eau et si c'est possible, elle ne doit être descendue dans la colonne du puits à cause de la vapeur d'échappement qui s'élève.

L'évacuation rapide de l'eau dans la colonne du puits pose aussi de problème dans la mesure où les particules sables sont tirées de l'extérieur de la colonne du puits à l'intérieur et, ou bien ces particules bloquent les trous d'infiltration, ou bien elles créent des cavernes autour de la colonne qui compromettront la résistance des parois du puits.

Il a été aussi suggéré qu'une grue qui pourrait faire descendre un grand seau avec mâchoires s'ouvrant pour évacuer le sable et l'eau et se refermant pour sa montée pourrait être une méthode d'évacuation faisable. N'ayant pas encore vu cette méthode opérer, nous nous abstenons de tout commentaire la concernant.

Rather than give specific indications have about how much extra reinforcement is required, it will be necessary for the constructor of the well to determine the quantity that should be used depending on the individual circumstances of the well location and the financial resources available. However, for a well of 1.20 meters in diameter, more than 12 vertical reinforcement rods and more than 4 horizontal rods would most likely never be necessary in any case.

Only minor modification of the well construction technique is required to accommodate supplemental reinforcement. As the drawing which follows shows, the reinforcement is put in place after the outside well form piece has been set up and before the inside piece is in place. The reinforcing rods are then spaced and tied or connected to each other. The inside well form piece is lowered into the outside piece, care being taken not to disturb the reinforcement. An inspection should then be made to insure that the reinforcement does not touch either the inside or outside well form pieces. The concrete is then poured slowly into the well form pieces, so that the reinforcement is held away from the well form pieces, and tamped down continually to avoid the formation of air pockets. The well construction technique is then followed as usual until the next well ring is to be poured, when this same modified procedure will be continued.



Au lieu de donner ici des indications spécifiques sur la nécessité, combien grande est le renforcement, il serait nécessaire au constructeur du puits de déterminer la quantité qui serait utilisée en tenant compte des circonstances individuelles de l'emplacement du puits et des ressources financières disponibles. Cependant, pour un puits de 1,20 m de diamètre, 12 tiges de renforcement verticales et plus de 4 tiges horizontales seraient de trop dans tous les cas.

Une petite modification de la technique de construction est nécessaire pour accommoder le renforcement supplémentaire. Comme le dessin ci-après le montre, le renforcement est mis en place après que le moule extérieur ait été mis en place et avant que la pièce intérieure est en place. Les tiges de renforcement sont alors espacées et liées ou jointes entre elles. La pièce du moule intérieure est descendue dans la pièce extérieure. Il faut prendre soin de ne pas déranger le renforcement. Une inspection doit alors se faire pour s'assurer que le renforcement ne touche les pièces intérieure ni extérieures du moule. Le béton est alors versé lentement dans les pièces du moule

de telle sorte que le renforcement soit maintenu loin des pièces du moule et damé sans cesse pour éviter la formation des poches d'air. La technique de la bonne construction est alors suivie comme d'habitude jusqu'à ce que la buse suivante soit sur le point d'être coulée quand cette même procédure modifiée continue.

Circular Watering Troughs. Low cost, easy to construct circular watering troughs may be constructed by simply adding a floor to the standard P.B well ring. No special equipment is needed and the total quantity of sand, gravel, cement, and steel is approximately the same as for a well ring, depending on the height chosen for the trough walls (usually between 20 - 40 cms). The procedure is as follows :

1. Level a 2 meter circle of ground where the trough is to be located. Place the outside well form piece on this spot.
2. A limited amount of reinforcement will be placed in the bottom of the trough and will extend upwards into the trough walls to strengthen the joint between the bottom and sides of the trough : Making six reinforcing rods of 2 meters in length, bend 45 cms on each end of each rod perpendicular to the rest of the rod. These six should then be laid inside the well form piece so that they cross each other at their centers and are evenly spaced along the circumference of the outside well form piece with bent ends sticking upwards. Tie them together at their center and lift them out of the well form piece.

Adaptations des Buses de Béton P.B

1. Abreuvoirs P.B : Coûtant moins chers, facile à appliquer, les abreuvoirs circulaires pourraient être construits en ajoutant simplement un étage à la buse standard du puits P.B. Un équipement spécial n'est pas nécessaire et la quantité totale du sable, gravier ciment et acier est approximativement la même que celle utilisée pour la construction d'une buse du puits, ceci en fonction de la hauteur arrêtée pour les parois de l'abreuvoir (habituellement entre 20 - 40 cm).

La procédure est la suivante :

1. Mettre à niveau une circonférence de 2m où l'abreuvoir sera situé. Placer la pièce extérieure du moule sur le lieu.
2. Une quantité limitée de renforcement sera placée au fond de l'abreuvoir et se prolongera vers le sommet dans les parois de l'abreuvoir, afin de renforcer la jointure entre le fond et les côtés de l'abreuvoir. Prendre six tiges de renforcement de 2 m de longueur, plier 45 cm à chaque bout de chaque tige d'une manière perpendiculaire au reste de la tige. Elles sont alors placées à l'intérieur de la pièce du moule de telle manière qu'elles se croisent à leurs centres et sont régulièrement espacées le long de la circonférence de la pièce extérieure du moule avec les bouts pliés piqués vers le haut. Les attacher ensemble à leur centre et les sortir de la pièce du moule.

3. Pour a floor of 5 - 10 cm of concrete into the well form. Replace the reinforcing rods on to the 10 cm floor and pour 10 - 15 more cms of concrete over them.
4. Wait until the concrete has become hard enough to support weight upon it (3 - 5 hours) and then center the inside well form inside the outside well form piece. Assure that the bent portions of the rods do not touch either the inside or outside well form pieces.
5. Carefully pour and tamp down 20 to 30 cms of concrete which will form the walls of the trough.
6. Wait approximately 24 hours and remove the well form pieces.

2). Storage Silos

Small storage silos may also be constructed by using the same method of construction as used in the watering troughs. The walls should, of course, be extended as high as is desired.

3). Water Storage Tower

Successful use of the same technique has been accomplished for the construction of water storage towers of 5 to 6 meters in height. Construction proceeds in the same manner as for the watering trough, after which the same techniques are used to construct a column above ground as are used in constructing a well column. Mud bricks may be stacked around the column as it grows to lend extra support during the building phase and also to serve as a scaffold for the upper portions of the column. Critical for this operation is the choice and preparation of a solid foundation upon which the tower will stand.

3. Verser du béton d'une épaisseur de 5 à 10 cm à l'intérieur du moule. Replacer les tiges de renforcement sur le plancher de 10 cm et verser encore 10 à 15 cm de béton en dessus.
4. Attendre que le béton soit assez solide pour supporter quelque poids que ce soit. (La période peut durer 3 à 5 heures de temps) et alors placer au centre l'intérieur du moule dans l'extérieur de la pièce du moule. S'assurer que les bouts pliés des tiges ne touchent ni les pièces extérieures et intérieures du moule.
5. Verser et damer attentivement le béton d'une épaisseur de 20 à 30 cm qui formera les parois de l'abreuvoir.
6. Attendre à peu près 24 heures et retirer les pièces du moule.

2). Les Silos de Stockage

Les petits silos de stockage pourraient également être construits en appliquant la même méthode utilisée quant à la construction de l'abreuvoir. Les parois seraient aussi hautes que nécessaire.

3). Château d'Eau

L'utilisation de la même technique a été accomplie avec succès pour la construction des châteaux d'eau de 5 à 6 mètres de hauteur. Les mêmes systèmes que pour la construction d'un abreuvoir sont appliqués après quoi, on applique les mêmes techniques pour la construction d'une colonne au dessus du terrain comme elles sont appliquées dans la construction d'une colonne du puits. Les briques de terre pourraient être impliquées autour de la colonne au fur et à mesure qu'elle progresse pour donner un support supplémentaire pendant la phase de la construction et aussi pour servir d'échafaud aux parties supérieures de la colonne. Le choix de la préparation d'une solide fondation sur laquelle le château se tiendra est difficile pour cette opération.