

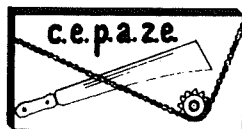
LES DOSSIERS «LE POINT SUR» (N° 4)

le point sur LA CONSTRUCTION DE CITERNES

RECUEIL ET STOCKAGE DES EAUX DE PLUIE

Janvier 1984

Ce dossier a été réalisé par Jean-Claude BRUFFAERTS, du CEPAZE à la demande et avec la collaboration du Service Echanges et Communications du GRET, et avec le concours de la Mission Interministérielle de l'Information Scientifique et Technique (MIDIST).



CENTRE D'ECHANGES
ET PROMOTION DES ARTISANS
EN ZONES A EQUIPER
18, rue de Varenne
75007 - PARIS

GRET

GROUPE DE RECHERCHE
ET D'ECHANGES
TECHNOLOGIQUES

S O M M A I R E

Pages

INTRODUCTION

1. RECUEIL DE L'EAU

1.1 Toiture	1
1.2 Recueil de l'eau au sol	3
1.3 Impluviums naturels	5

2. DIMENSIONNEMENT DE LA CITERNE

2.1 Données pluviométriques	6
2.2 Les besoins domestiques en eau	8
2.3 Dimensionnement de la citerne	8

3. QUEL TYPE DE CITERNE ADOPTER ?

3.1 Faut-il enterrer la citerne ?	12
3.2 Quelle forme lui donner ?	13
3.3 Quels matériaux utiliser ?	13
3.4 Citerne couverte ou découverte ?	13
3.5 Coût de construction	14

4. TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

4.1 Méthodes antiques	16
4.2 Méthodes traditionnelles africaine	20
4.3 Stockage de petite quantité	21
4.3.1 Jarre en ciment ou fibro-ciment	
4.3.2 Jarre avec moule en terre	
4.3.3 Jarre en argile cuite	
4.3.4 Jarre Ghala	
4.3.5 Fûts métalliques	
4.4 Citerne maçonnée	26
4.4.1 En maçonnerie de parpaings	
4.4.2 En maçonnerie de roches	
4.4.3 En maçonnerie de briques	
4.5 Citerne en fibro-ciment enterrée	33
4.5.1 Modèle "Salagnac" 10 m3	
4.5.2 Modèle "Père Hégron" 22,5 m3	
4.5.3 Modèle "Kitow" 10 m3	
4.6 Citerne en fibro-ciment hors-sol	42
4.6.1 Choix du moule	
4.6.2 Modèle 10 m3 avec moule	
4.6.3 Modèle 150 m3	
4.6.4 Modèle IFIC de 0, 6 à 10 m3	
4.7 Citerne en béton armé	48
4.7.1 Citerne cylindrique	
4.7.2 Citerne rectangulaire	

4.8 Citerne en buses de béton non armé	53
4.9 Citerne en bambou-ciment	54
4.10 Citerne en adobe et revêtement de ciment	58
4.11 Citerne en matériaux plastiques	59
4.11.1 Le sac à eau	
4.11.2 Bassin type "Botswana"	
4.11.3 Autres matériaux plastiques	
4.12 Citerne en tôle ondulée galvanisée	64
4.13 Citerne vénitienne	65
4.14 Citerne allemande	67
 5. <u>ETANCHEITE</u>	 68
5.1 Confection du béton	
5.2 Choix du sable	
5.3 Confection d'enduits au ciment	
5.4 Réparation d'un enduit	
5.5 Enduit à base de chaux	
5.6 Adjuvants au béton ou mortier	
5.7 Revêtements de surface	
5.8 Grands réservoirs	
 6. <u>QUALITE DE L'EAU ET AMENAGEMENTS</u>	
6.1 Généralités	71
6.2 Implantation de la citerne	74
6.3 Les gouttières	75
6.4 Eliminer la première pluie	78
6.5 Trappe de visite	82
6.6.Trop - plein, aération	83
6.7 Filtres	83
6.8 Traitements de l'eau	86
6.9 Matériel d'analyse	88
 7. <u>EXEMPLE D'UN PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE CITERNES</u>	 89
7.1 L'approvisionnement traditionnel en eau	
7.2 Le projet Salagnac	
7.3 Les bénéficiaires	
7.4 Technique utilisée	
7.5 Impact du projet dans la région	
7.6 Impact du projet en dehors de la région	
7.7 Limites et perspectives	
7.8 Conclusion	
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	 96

I N T R O D U C T I O N

Technique ancestrale, le stockage d'eau de pluie en citerne suscite un regain d'intérêt. Bien que l'approvisionnement en eau soit reconnu comme prioritaire, une étude de l'OMS portant sur 71 pays en développement, montre que 78 % de la population rurale n'a pas de facilités d'accès à l'eau potable.

Situation très grave à laquelle le recueil d'eaux de pluies peut apporter sa part de solutions. Nous pensons en priorité aux zones privées d'eaux souterraines accessibles :

- régions montagneuses, petites îles.
- les régions à habitat dispersé où les systèmes collectifs seraient trop coûteux.
- les régions semi-arides où vivent 600 millions de personnes. Il ne faut pas oublier que 300 mm de pluviométrie annuelle représentent 3000 m³ d'eau déversés par hectare, qu'on peut recueillir en partie si l'on s'en donne les moyens.

Cet ouvrage s'adresse aux techniciens, aux responsables de village ou de projet pour les aider à prendre les décisions, à choisir parmi le vaste éventail des techniques possibles. Il indique les précautions à prendre pour que les installations soient fiables et sûres.

Ce dossier se fonde sur l'expérience de multiples réalisations ou expérimentations qui ont fait l'objet de publications. Nous avons confronté ces informations à notre expérience propre que nous avons acquise surtout en Haïti.

Sachant que ce dossier est malgré tout incomplet, que beaucoup d'informations ne nous ont pas été transmises, nous avons réservé les deux dernières pages de l'ouvrage à nos lecteurs...

Qu'ils veuillent bien y noter leurs remarques, leurs expériences sur le sujet et nous les retourner pour que la prochaine édition en soit enrichie.

1. RECUEIL DE L'EAU

L'eau de pluie qui va être stockée doit d'abord être interceptée sur une surface appelée IMPLUVIUM que l'on peut juger suivant deux critères : la salubrité et le coefficient de ruissellement.

Le coefficient de ruissellement est le rapport entre la quantité d'eau recueillie et celle de l'eau tombée sur la surface de l'impluvium.

Les pertes sont dues à plusieurs causes : infiltration, éclaboussures, évaporation, imprégnation.

11. LES TOITURES

La toiture est en général la surface la plus pratique de réception. Etant surélevée, elle est à l'abri des salissures dues au passage des hommes et des bêtes. Par contre, elle n'est pas protégée des déjections d'oiseaux, d'insectes et des débris portés par le vent. De nombreux matériaux sont utilisés pour les toitures et donnent des résultats sensiblement différents.

111. Toiture en tôle ondulée

Elles sont idéales pour la récupération d'eau. Elles se nettoient facilement lors de la première pluie et donnent ensuite une eau de bonne qualité.

Légères, elles n'exigent pas une charpente importante. Du point de vue confort, elles sont bruyantes lors des averses, et chaudes au soleil. En zone côtière, où l'air est corrosif, les tôles aluminium sont beaucoup plus résistantes que les tôles galvanisées qui durent peu.

Le coefficient de ruissellement des tôles est élevé, il atteint facilement 95 %. C'est donc un matériau intéressant pour la collecte d'eau, mais dont le prix reste encore inabordable pour beaucoup de paysans du Tiers-Monde.

112. Toiture en tuiles ou ardoises

C'est également une toiture adaptée à la collecte d'eau car elle se nettoie aisément à la première pluie. Le coefficient de ruissellement est élevé. Son poids important nécessite une charpente solide.

113. Toiture en chaume ou en paille (Réf. 29)

Ce type de toiture est encore très répandu, si ce n'est le plus répandu dans les zones rurales.

Ses avantages, outre son coût, sont ses excellentes qualités thermiques. Il est cependant peu intéressant pour la récupération d'eau de pluie car il absorbe une partie de l'eau reçue. Son coefficient de ruissellement est faible, souvent inférieur à 50 % pour les pluies inférieures à 20 mm. Il s'améliore avec des averses plus fortes.

La pose de gouttière n'est pas aisée car la retombée du toit est très large. La difficulté est accrue si la toiture est ronde.

L'eau recueillie est impropre à la boisson sans décantation et une sérieuse désinfection.

La paille retient très facilement tous les agents de pollution amenés par le vent. Elle est souvent le repaire des insectes ou même parfois de souris ou rats. Dans le cas d'un foyer à bois intérieur, la fumée traversant la toiture peut donner une saveur désagréable à l'eau.

La toiture elle-même s'érode et ce sont plusieurs kilos de débris qui sont emportés par l'eau et se retrouvent dans la citerne chaque année.

La toiture en paille n'est donc pas l'impluvium idéal, loin s'en faut, mais cependant elle peut s'avérer utile lorsque l'eau est destinée à l'arrosage par exemple.

Des essais réalisés au Sénégal (réf. 6) ont montré qu'il fallait, pour obtenir une eau potable recouvrir le chaume d'une feuille mince de plastique (polyéthylène) qui assure une bonne récolte de l'eau avec, 2 inconvénients = le coût du plastique qu'il faut remplacer très fréquemment et une diminution du confort, la maison étant plus chaude. On peut en partie pallier cet inconvénient en ne recouvrant qu'un pan du toit, ce qui permet une certaine aération de la toiture. Cette méthode ne peut être conseillée que pour apporter une solution provisoire à une situation d'urgence.

114. Toiture en amiante-ciment

Bien que ce soit un matériau très pratique et durable, des réserves doivent être apportées à son utilisation pour la collecte d'eau potable. Les risques d'entraînement de débris d'amiante par l'eau ne sont pas exclus et peuvent donc être néfastes pour la santé.

115. Toiture en fibro-ciment

Ce type de toiture est par contre bien adapté à la collecte d'eau car les fibres végétales (sisal, fibres de coco) ne représentent aucun danger.

116. Terrasses en terre ou en béton

L'inconvénient de la terrasse, c'est que les premières pluies n'ont pas

l'effet de nettoyage qu'elles ont sur les toits pentus. Si un accès facile (escalier ou échelle) permet de la balayer et de la maintenir propre, elle peut devenir un impluvium adéquat.

L'installation de gouttières n'est alors pas nécessaire car l'évacuation se fait généralement par une goulotte au point bas de la terrasse.

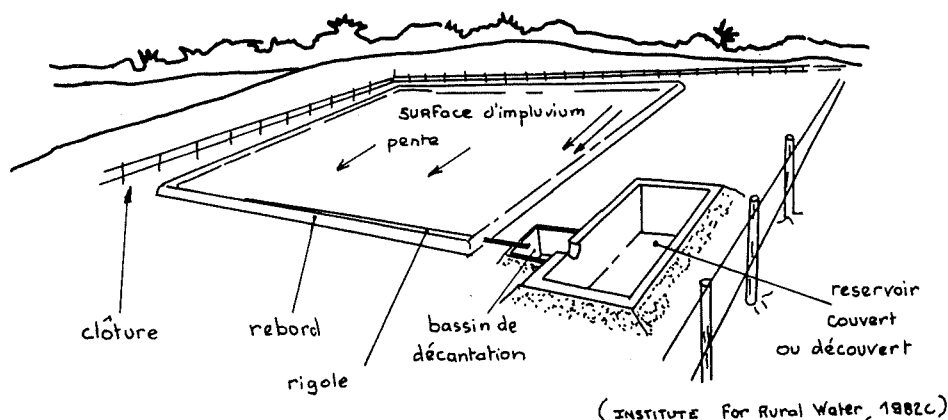
117. Remarques

Si on ne récupère l'eau que sur un pan du toit, on choisira, de préférence, celui exposé aux vents humides, car il est mieux arrosé. On évitera de recueillir l'eau sur les toits qui ont reçu une peinture au plomb.

12. RECUEIL DE L'EAU AU SOL

Le recueil de l'eau sur toiture n'est pas toujours possible : toitures insuffisantes ou non adaptées à la collecte d'eau. Il est donc nécessaire de créer des surfaces propres à la réception de l'eau.

C'est généralement le cas des zones à pluviométrie faible. Pour contrebalancer la faiblesse des précipitations, on doit disposer de larges surfaces de réception. Cette méthode permet de collecter et de stocker l'eau, même dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 300 mm.



Nous n'envisageons ici que l'aménagement d'impluvium de petite surface (inférieure à quelques centaines de m²) car les techniques diffèrent pour les surfaces plus larges.

- nécessité de protéger l'impluvium

Les risques de contamination sont a priori plus élevés au sol que sur les

toitures qui sont naturellement protégées. La protection des impluvium devra donc être une préoccupation première.

- La pose d'une clôture, pour éviter l'approche d'animaux et le passage des gens, est indispensable.
- L'eau recueillie transite par un bassin de décantation qui va retenir les impuretés plus lourdes que l'eau. Le bassin sera conçu de façon à pouvoir être nettoyé aisément.
L'eau s'écoulera ensuite dans le réservoir ou la citerne qui, dans la plupart des cas, devra être enterré.
Si l'installation est disposée sur une pente naturelle, on peut alors construire une citerne non enterrée en contrebas de l'impluvium.

On pourra donc utiliser avec profit les déblais du creusement de la citerne pour constituer l'impluvium et le ceinturer d'un petit talus de protection. L'impluvium aura une pente de l'ordre de 10 %. En effet une pente plus forte augmenterait l'érosion (dans le cas de surfaces érodables); et une pente décroissante d'amont en aval (profil d'équilibre) est trop difficile à construire (réf. 36). Il est bien sûr préférable d'utiliser une pente naturelle pour l'installation lorsque cela est possible, tournée de préférence face aux pluies dominantes.

La surface de revêtement de l'impluvium peut être préparée suivant différentes techniques; le choix se fera d'après les éléments suivants: disponibilité des matériaux et de main d'oeuvre, coût d'investissement, qualité de l'eau recherchée, coefficient de ruissellement, durabilité de l'installation.

121. Revêtement en terre imperméable damée

Sur la surface de l'impluvium soigneusement damée, on dispose une couche de 4 à 5 cm de terre fine (par ex. argile + terre de termitière). Tasser, damer, arroser et puis lisser à la truelle, tasser à nouveau avec planchette et marteau; goulot de sortie cimenté pour éviter l'érosion. On peut espérer un coefficient de ruissellement de l'ordre de 60 %. D'un coût en matériel peu élevé, il demande cependant un entretien régulier (réf. 36).

122. Revêtement en béton de terre

Le revêtement est constitué d'un mélange intime terre-ciment (9 volumes de terre pour 1 de ciment) sur une épaisseur de 4 à 5 cm. Si la terre choisie est bien adaptée, si un débroussaillage préalable a été fait, si le damage est effectué soigneusement, on obtient des résultats satisfaisants.

123. Impluvium cimenté

Un revêtement de béton maigre avec en finition un enduit au mortier fin pour faciliter le nettoyage de la surface et augmenter le coefficient de ruissellement qui peut dans ce cas dépasser 80 %.

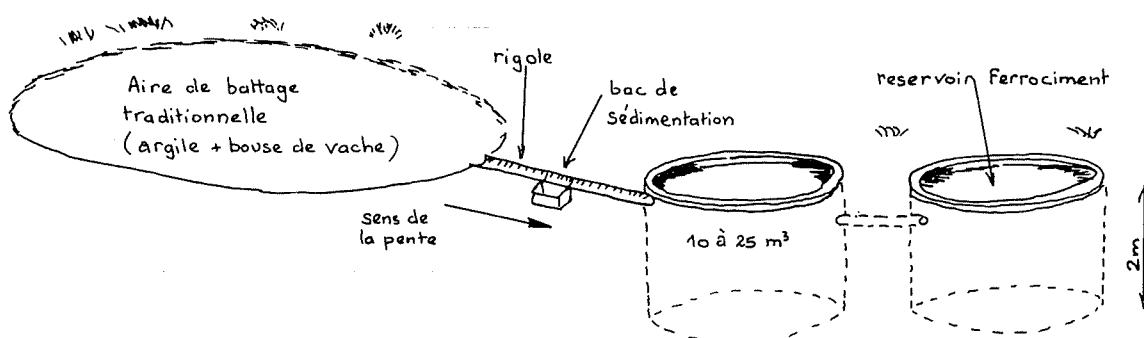
124. Matériaux synthétiques

La pose de film plastique polyéthylène noir traité anti U.V. sur une surface convenablement préparée peut être une solution rapidement mise en oeuvre mais à durée de vie limitée (2 ans). Le coefficient de ruissellement atteint 90 %. Pour protéger le plastique des effets du vent et des radiations du soleil, on pourra le recouvrir d'une mince couche de gravillons.

D'autres matériaux, tel le butyl, sont beaucoup plus résistants mais demandent des investissements plus importants.

125. Surfaces aménagées pour d'autres usages

On signale au Botswana l'utilisation pour la collecte d'eau de surfaces prévues pour battre le grain. Recouvertes d'un mélange (argile - bouse de vache), elles sont résistantes et imperméables. D'autres surfaces sont également utilisables : aire cimentée de marché, glacis de séchage de café ou céréales, piste compactée, route asphaltée etc ... L'eau, bien sûr, ne peut être utilisée pour la boisson mais peut être très utile pour l'abreuvement du bétail ou l'arrosage.



13. IMPLUVIUM NATUREL

131. Roche-mère

Dans certaines régions (en montagne par ex.), le rocher peut apparaître par plaques, en surface. C'est alors une surface d'impluvium idéale : peu coûteuse, résistante et dotée d'un bon coefficient de ruissellement.

132. Les arbres

Traditionnellement dans certains pays d'Afrique (Sénégal - Ghana ...) les arbres sont utilisés comme impluvium. Les feuilles larges peuvent déverser dans des récipients installés à leur extrémité.

La collecte de l'eau le long des troncs (baobab, cocotier) est également possible sur le côté tourné au vent. On entaille alors le tronc pour fixer un morceau de tôle qui récupère l'eau de ruissellement pour remplir des canaris.

2. DIMENSIONNEMENT DE LA CITERNE

Les premières données nécessaires au calcul du volume de stockage sont bien sûr les valeurs des précipitations.

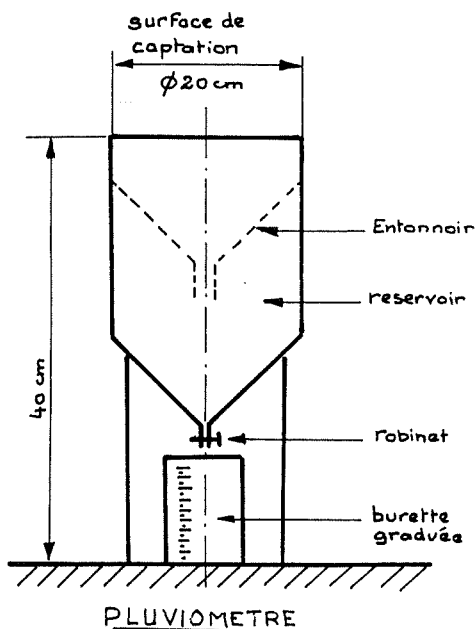
21. Données pluviométriques

Il est souhaitable d'avoir les données sur des périodes suffisamment longues : 5 à 10 ans car les écarts annuels peuvent être importants. On pourra s'adresser à tout organisme susceptible d'avoir fait ces relevés dans la région : services météorologiques, aéroports, centres d'expérimentation agricole, postes militaires, missions etc... Les relevés mensuels seront d'une précision suffisante pour dimensionner les réservoirs.

On vérifiera que les relevés ont été faits en un point peu éloigné et très similaire à la zone qui vous intéresse (même altitude, même ensemble géographique). Si ces relevés ne sont pas disponibles, il va donc falloir les faire soi-même.

Il existe plusieurs types de pluviomètres :

- le pluviomètre "Association". L'eau recueillie dans le pluviomètre est mesurée dans une éprouvette graduée (diamètre de réception : 226 mm. Surface de réception : 400 cm²).



- les pluviomètres "Spiea" ou "Potasse d'Alsace" sont à lecture directe et sont moins précis.
- les pluviomètres-enregistreurs (pluviographes) sont assez vulnérables et ne sont pas vraiment utiles dans le cas qui nous intéresse.

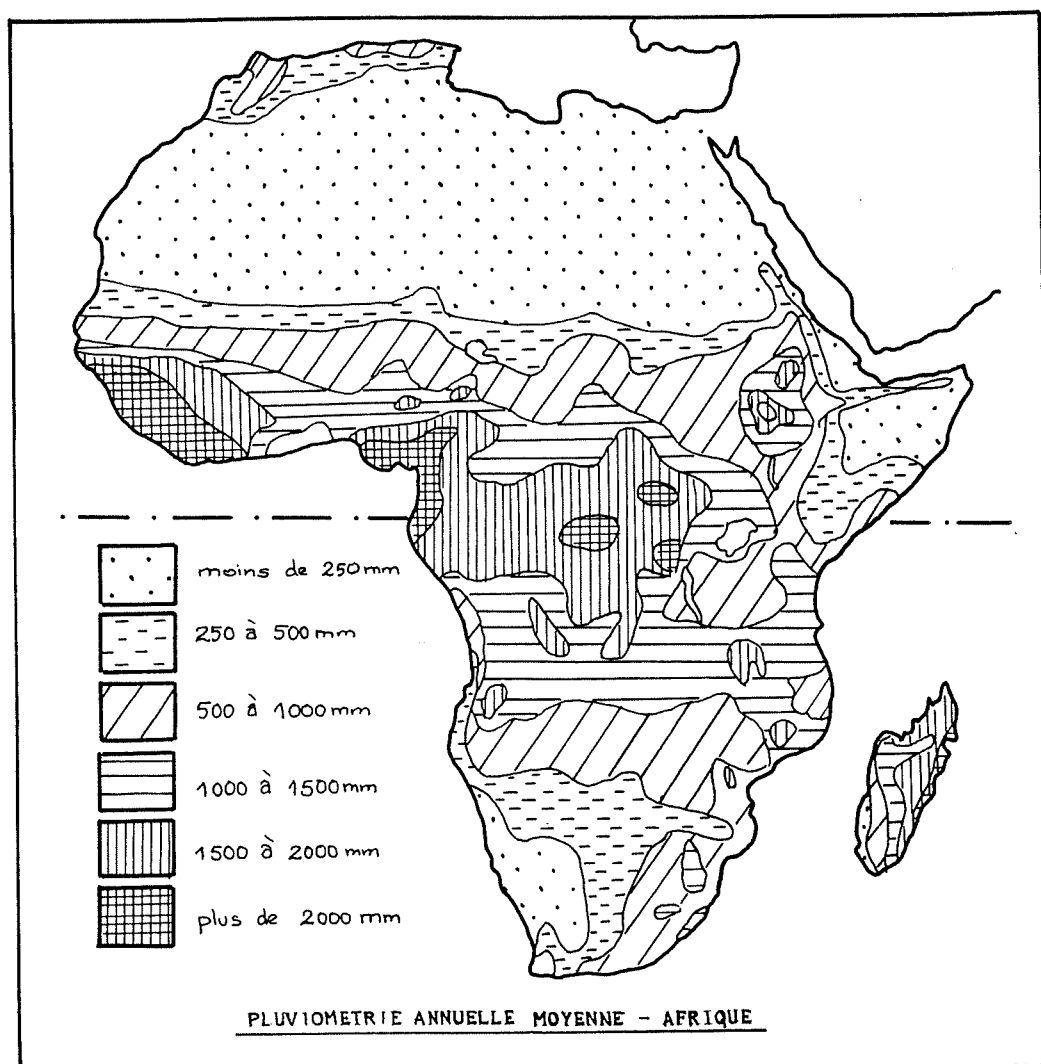
Les pluviomètres sont installés de manière que leur surface de captation soit rigoureusement horizontale et à une hauteur adéquate (en général de l'ordre du mètre par rapport au sol). L'emplacement du pluviomètre peut avoir une influence sensible sur les mesures (proximité de bâtiments ou encore d'arbres ayant grandi depuis son installation). On peut également se confectionner son pluviomètre et son éprouvette graduée soi-même.

Si on ne dispose pas de temps pour faire ces relevés, il va donc être

Construction de citernes

nécessaire d'estimer la pluviométrie.

Le calendrier des travaux agricoles, le type des plantes et de cultures pratiquées dans la région, des interviews auprès d'agriculteurs doivent permettre de se donner une idée sur la pluviométrie, les durées de saisons sèches et humides et les variations annuelles.



22. Les besoins domestiques en eau

Les besoins sont très variables avec cependant un minimum indispensable à la survie. Ils sont très liés au degré d'accessibilité à l'eau. Pour reprendre la classification de Nissen-Petersen (22), celui-ci distingue 4 niveaux de consommation domestique :

- habitation éloignée de 15 km d'un point d'eau	2 à 3	litres/jour/personne
- éloignée d'1 km	3 à 6	" " "
- point d'eau à proximité	10 à 20	" " "
- habitation équipée de robinets, douches et WC à l'intérieur	60 à 80	" " "

La construction d'une citerne risque donc dans beaucoup de cas de provoquer un accroissement de ces besoins par rapport à la situation antérieure.

Pour être complet, il faut également comptabiliser

- l'abreuvement du bétail vivant sur la concession
- l'arrosage éventuel d'un petit jardin potager.

23. Dimensionnement de la citerne

Trois cas de figures se présentent :

- a) Le constructeur a peu de moyens financiers. Il construira une citerne dont le volume est limité par ses possibilités de dépenses.
- b) Le constructeur veut satisfaire tous ses besoins en eau. Il n'est pas limité par la surface de réception dont il dispose en quantité ou est prêt à se munir. Il n'est pas limité par ses moyens financiers.
- c) Le constructeur dispose d'une toiture (ou d'un impluvium donné). Il veut construire une citerne proportionnée à la quantité d'eau qu'il recueille sur sa toiture.

Nous n'étudierons que ce troisième cas en détail car il est très courant. D'autre part il donnera les éléments pour résoudre le cas précédent.

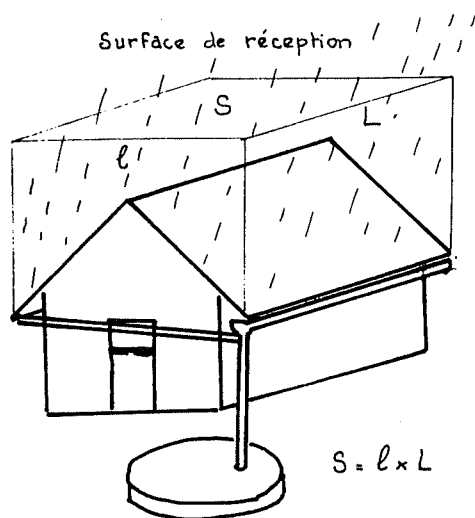
On connaît donc :

- la surface de réception S
- le coefficient de ruissellement : pourcentage d'eau tombant sur la toiture qui entre effectivement dans la citerne. Les pertes sont dues aux fuites, à la mauvaise pose des gouttières, aux effets de chasse du vent etc ...

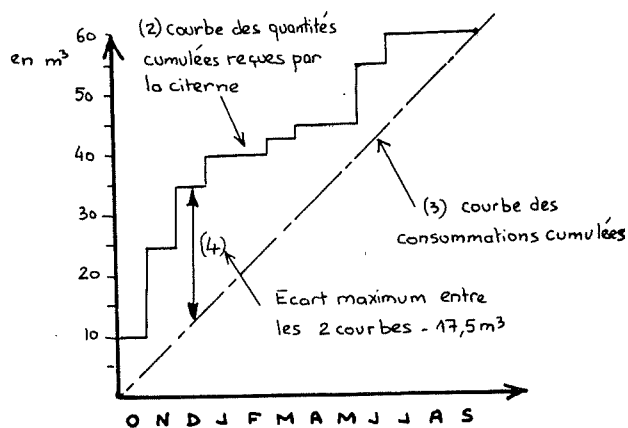
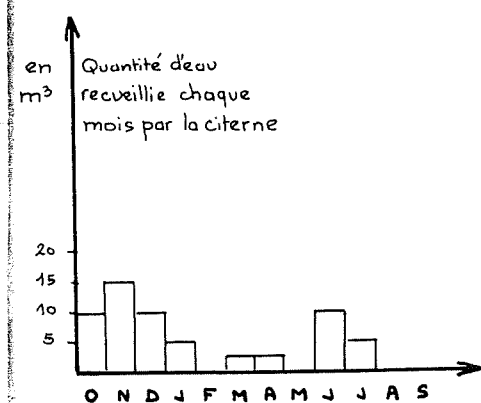
Dans le cas de tôles ondulées, on admettra $K = 0,9$ si les gouttières sont convenablement posées.

- les moyennes des précipitations mensuelles de l'endroit.

Construction de citernes



Pour chaque mois, on calcule la quantité d'eau qui pénètre dans la citerne.
Exemple : si en janvier, il est tombé 0,2 m. et que la surface de la toiture est de 30 m² - $Q \text{ Janvier} = 30 \text{ m}^2 \times 0,200 \text{ m} \times 0,9 = 5,4 \text{ m}^3$.



On peut tracer la courbe des quantités d'eau recueillies chaque mois. Le premier mois n'est pas janvier mais octobre qui dans ce cas correspond à la période à laquelle la citerne commence à se recharger après avoir été asséchée le mois précédent.

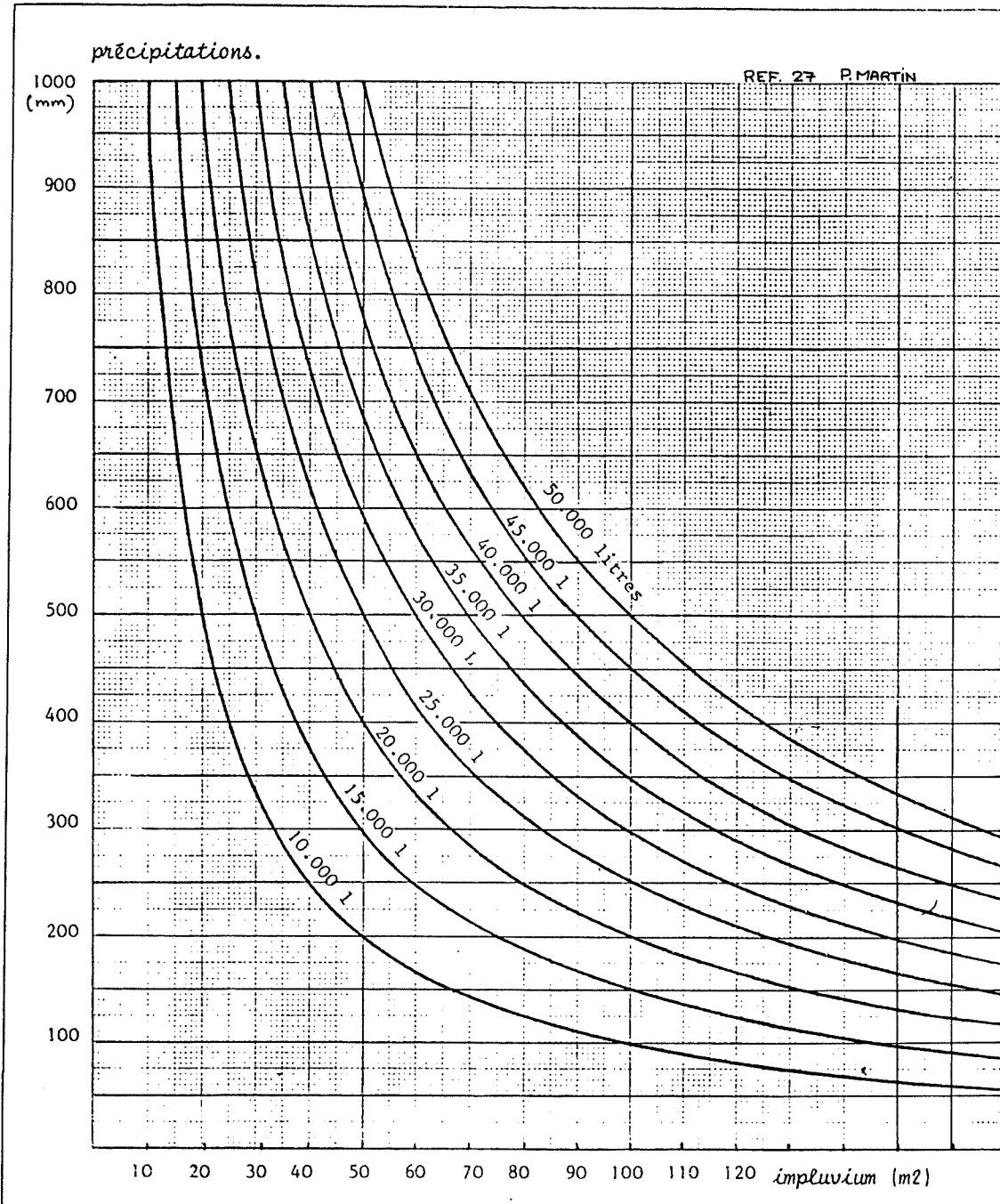
On reporte sur le même graphique :

- la courbe du cumul des quantités d'eau reçues par la citerne (2) pour chaque mois, la quantité d'eau reçue dans le mois, additionnée aux quantités recueillies les mois précédents.
- la courbe des consommations cumulées (3)
Dans ce cas nous avons considéré que la consommation était régulière et que l'on consommait sur l'année l'ensemble de l'eau captée (pas de stockage pluri-annuel).

L'écart maximum entre les 2 courbes (4) correspond au volume de stockage à prévoir, donc au volume de la citerne. Ce résultat n'est qu'une indication car tous les calculs ont été menés à partir des moyennes pluviométriques. En réalité, les précipitations effectives s'éloignent souvent sensiblement de cette moyenne.

Abaque :

Pluie recueillie (en litres) pour un coefficient de ruissellement de 100 %
Surface impluvium (en m²)
Précipitations (en mm)



3. QUEL TYPE DE CITERNE ADOPTER ?

31. FAUT-IL ENTERRER LA CITERNE ?

La citerne enterrée et la citerne hors-sol présentent toutes les deux des avantages et des inconvénients divers que nous avons essayé de résumer dans ce tableau.

<u>citerne enterrée</u>	<u>citerne hors-sol</u>
- <u>emplacement</u> : peu encombrante, s'intègre de façon discrète dans les locaux existants.	- nécessite un espace au sol disponible près de l'habitation.
- <u>protection</u> : bien protégée de l'extérieur, par contre se prémunir des racines d'arbre.	- plus vulnérable aux actes de vandalisme.
- <u>remplissage</u> : lorsque le recueil de l'eau se fait au sol, une citerne enterrée s'impose.	- le haut de la citerne doit être plus bas que le niveau des gouttières ce qui limite parfois la hauteur de la citerne.
- <u>main d'oeuvre</u> : le travail de terrassement est important, devient très difficile si le sol n'est pas tendre.	- pas de travaux de terrassement.
- <u>exhaure de l'eau</u> : pour se servir en eau, il est déconseillé d'utiliser un seau descendu par la trappe (contamination possible). On peut installer une petite pompe ou creuser un escalier adjacent à la citerne qui permet de s'alimenter au robinet dans la partie basse de la citerne.	- en général, un robinet au bas de la citerne.
- <u>contamination</u> : se prémunir des risques de contamination des eaux souterraines ; pas de proximité de latrines. En France, construction interdite à moins de 100 m d'un cimetière.	- hors de danger des infiltrations souterraines.
- <u>étanchéité</u> : en cas de fuites, il est plus difficile de les détecter.	- les fuites éventuelles se détectent facilement.
- <u>température</u> : température de l'eau constante, généralement plus fraîche en climat tropical, protégée du gel en climat froid.	- variations de températures plus importantes qui peuvent à la longue endommager les matériaux de construction.

- résistance : le mouvement éventuel des terres encerclant la citerne doit être pris en compte dans les calculs (terres instables ou mouvantes) et peut amener un surcoût.
- calculée à partir de la poussée des eaux et de son poids propre uniquement.

32. QUELLE FORME LUI DONNER ?

Les deux formes les plus courantes sont le cylindre ou le parallélépipède rectangle.

La forme cylindrique est plus économique en matériaux (plus grand volume pour la même surface de murs) surtout si le diamètre est proche de la hauteur. C'est également une forme plus résistante aux efforts. Elle demande une technicité plus élevée pour la construction des parois et la confection des enduits.

La forme rectangulaire est beaucoup plus facile à construire; ce qui se traduit souvent par un gain de temps et moins de risques de malfaçons. Des précautions doivent être prises aux angles qui sont généralement les endroits d'où proviennent les fuites.

33. QUELS MATERIAUX UTILISER ?

Les matériaux utilisables sont très nombreux : argile, bois, sable, roche, ciment, tôle, plastique etc ...

Les matériaux disponibles sur place, les coûts, les savoir-faire, les exigences de la construction varient de pays à pays. Nous essaierons donc dans le chapitre suivant de présenter un éventail très large de solutions qui ont été adoptées dans différents pays, quitte au lecteur de s'en inspirer pour "inventer" la solution la mieux adaptée à ses besoins et ses moyens.

34. CITERNE COUVERTE OU DECOUVERTE ?

Si la citerne est prévue pour l'eau de boisson, une couverture est indispensable pour éviter toute contamination extérieure lors du stockage. Une trappe d'accès sera prévue pour permettre un nettoyage régulier de la citerne.

Pour des stockage d'eau à utilisation agricole, les réservoirs ne nécessitent pas de couverture. Dans le cas de réservoir à ciel ouvert, il faut alors compter les pertes d'eau par évaporation qui ne sont pas négligeables dans les pays chauds (5 à 10 mm par jour).

35. COUTS DE CONSTRUCTION

L'analyse des coûts de construction est un élément important pour le choix du type de construction adoptée. Il faut bien avoir en vue que la construction d'une citerne est un investissement à long terme au même titre que l'habitat, que sa durée de vie excède souvent le temps d'une génération.

L'analyse des coûts ne doit pas se limiter à estimer le coût de l'investissement initial mais prendre en compte la durée de vie estimée de l'ouvrage et le coût d'entretien annuel.

Nous proposons donc de calculer le prix de revient annuel (P.R.A.)

$$\text{P.R.A.} = \frac{\text{Coût de construction}}{\text{Durée de vie (en années)}} + \text{coût d'entretien annuel}$$

On s'aperçoit alors que les citernes jugées a priori chères (en béton armé par exemple) sont économiques sur le long terme.

Ce critère n'est souvent pas applicable car bien sûr ce sont généralement les disponibilités financières immédiates qui déterminent le choix et alors seul le coût de construction initial est pris en compte.

- Coûts de construction

Sont à prendre en compte :

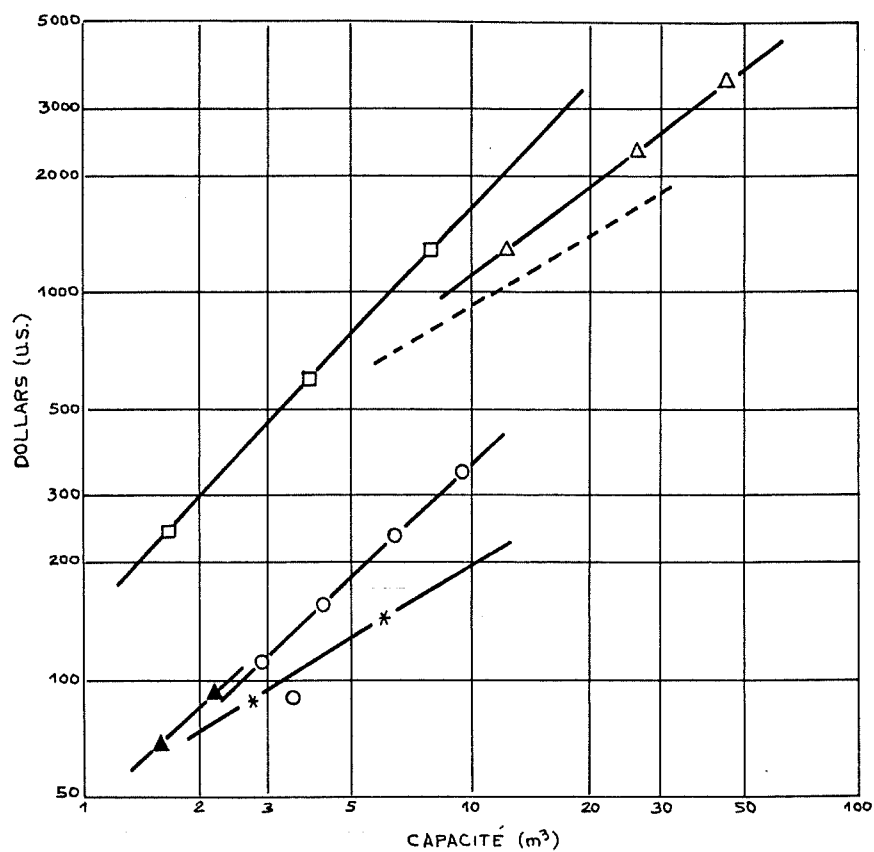
- 1) le coût des matériaux
- 2) l'amortissement de l'outillage et des moules divers
- 3) la main d'oeuvre (en distinguant la main d'oeuvre payée de la main d'oeuvre fournie gratuitement)
- 4) les coûts de transport : transports de matériaux, visites de chantier
- 5) coûts annexes qui souvent ne sont pas négligeables et sont fonction du degré de complexité de la technique utilisée : coûts de supervision, coûts de formation d'artisans

- Coûts d'entretien

Ils sont généralement faibles et concernent plus souvent les accessoires : robinet, pompe, filtre, gouttières, etc...

Construction de citernes

Exemple = USA - Prix 1979 - (réf 79 - Mr Yu-Si Fok)



Légende :

- | | |
|------------------|----------------------------|
| □ Fibre de verre | ○ Briques |
| △ béton armé | ▲ buses d'argile cuite |
| * ferro-ciment | - - - feuilles métalliques |

Le calcul doit être fait cas par cas, car dans chaque région les disponibilités et prix des matériaux varient, le coût de la main d'oeuvre également.

D'autres paramètres aussi importants que les coûts ne doivent surtout pas être oubliés : le savoir-faire existant des artisans et les désirs des utilisateurs.

4. TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

41. METHODES ANTIQUES (1)

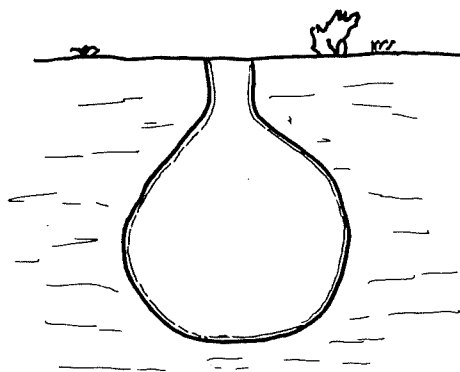
Le stockage de l'eau est devenu très tôt une nécessité pour le développement des peuples dans les zones à été chaud et sec. On trouve donc des traces de nombreux ouvrages dans les grandes civilisations bordant la Méditerranée ou au Moyen-Orient.

Les techniques utilisées étaient souvent très ingénieuses et ce n'est pas sans admiration que l'on redécouvre des citernes de plusieurs millénaires encore en état de fonctionnement de nos jours.

411. En Phénicie (début du 2ème millénaire avant J.C.)

Les citernes phéniciennes complétées par un système de décantation étaient rectangulaires. Creusées dans le roc, elles étaient couvertes de grandes dalles de calcaire ou d'un plancher de bois. L'étanchéité était réalisée avec du bitume, de la poix ou de la résine, cette dernière appliquée seule ou sous forme de mastic qui était un mélange à chaud de cendres, de matières minérales pulvérisées et au besoin d'un peu de graisse.

Dans la campagne de Tyr, on a rencontré également des citernes à goulots étroits en forme de bouteille.



Citerne creusée en forme de bouteille (analogue aux citernes palestiniennes de Gezer), imperméabilisée par un enduit appliqué sur les parois.

412. La Palestine (2ème et 3ème millénaire avant J.C.)

Les fouilles d'une habitation de Jéricho ont révélé un bel exemple de citerne et du procédé de décantation en usage.

(1) Se référer à l'excellent ouvrage de M. VARLAN "L'étanchéité dans la construction"

L'eau des terrasses dirigée vers une citerne par un conduit, traversait d'abord un petit bassin carré cimenté situé dans la cour au nord de la citerne. Là, les impuretés étaient recueillies et retenues pour permettre à l'eau purifiée de couler dans la citerne par une ouverture spéciale qu'on pouvait fermer avec une dalle de pierre. Lorsque la citerne était pleine, l'arrivée d'eau purifiée était donc coupée et le trop-plein s'écoulait alors par un conduit vers un réservoir supplémentaire.

413. Entre le Tigre et l'Euphrate (à partir du 4ème millénaire avant J.C.)

Absolument indispensables pour constituer des réserves en eau potable ou domestique, les citernes avaient de préférence une forme circulaire. L'étanchéité était généralement assurée par des produits bitumeux ou asphaltiques que l'on trouvait dans des gisements locaux.

Les citernes étaient construites à l'aide de briques cuites jointoyées et enduites d'un mastic d'asphalte ou parfois d'un mortier d'argile ordinaire. On retrouvera cette même technique dans la Perse Antique avec des ouvrages importants : citerne de Persépolis profonde de plus de 23 m avec une couverture plate en planches reposant sur des poutres encastrees.

414. La Crête (2ème millénaire avant J.C.)

A l'époque minoenne, chaque maison était équipée d'une citerne d'eau potable recueillie sur la terrasse.

On commençait par creuser dans le sol une fosse ronde et profonde plus large que la future citerne. Les parois de la fosse étaient revêtues d'une maçonnerie de 65 cm d'épaisseur formant un parfait cylindre creux. Le fond était protégé par un lit de pierres brutes noyées dans un ciment de chaux et de sable remonté comme enduit sur toute la hauteur des parois verticales. Un escalier permettant d'aller puiser l'eau était ménagé dans le mur circulaire. En un point du rebord, il y avait une rigole en "poros" par où tombait l'eau dans la citerne. Lorsque celle-ci était vide, le jet venait se briser sur une épaisse dalle de "poros" qui protégeait le fond. Lorsque l'eau était amenée de loin, il y avait souvent un petit bassin de décantation quadrangulaire.

A l'origine, ces citernes possédaient une couverture qui n'était autre qu'une toiture-terrasse appliquée au niveau du sol. Les supports étaient des poutres en bois dont les extrémités étaient garnies de plomb pour les protéger de l'humidité.

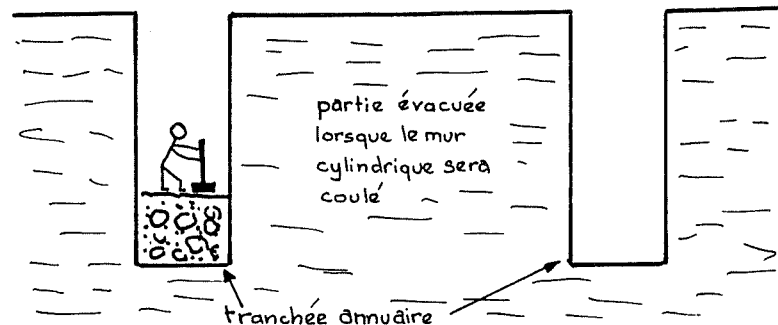
415. Chez les Romains

Les antiques citernes étrusques étaient taillées dans le roc et revêtues d'un enduit de stuc (mélange de chaux éteinte, de plâtre fin et de poussières de marbre ou de craie).

Les citernes situées près de Scalae Caci illustrent une deuxième étape :

les parois étaient en minces dalles de cappellaccio posées debout et laissant un intervalle entre elles et la fouille qui était rempli d'argile. Le radier était en béton (cailloux de concassage de roches noyés dans un mortier de 5 parties de sable pour 2 de chaux), et les parois avaient reçu une couche de stuc.

A l'époque classique romaine, Vitruve a décrit les procédés de fabrication : on creuse une tranchée cernant le volume de la citerne et d'une profondeur égale. On remplit cette tranchée d'un mortier composé de cinq parties de sable "le plus âpre qui soit", et de deux parties de chaux "la plus forte possible". On y inclut des cailloux de moins d'une livre et on tasse fortement avec une masse de fer. Lorsque le mortier a fait sa prise, on évacue la terre qui est à l'intérieur et on exécute de la même façon le fond qui est accordé avec les murs.



Ainsi il y a 2000 ans, la paroi moulée, redécouverte par les Italiens il y a une trentaine d'années, était déjà utilisée.

Sur les parois intérieures étaient appliquées deux ou trois couches d'enduit composé de poudre de tuileaux et de chaux.

Vitruve recommandait les citernes doubles ou triples "... de telle sorte qu'il puisse y avoir de l'une à l'autre transmission par décantation successive parce qu'elles donneront une eau plus salubre et suave".

A Sfax (Tunisie) à l'époque romaine, chaque maison de la ville était pourvue d'une citerne calculée de façon à pouvoir l'alimenter pendant trois ans. De plus, il existait une réserve collective constituée de 597 citernes de 15 m³ chacune, entourées d'un mur de clôture. Au dessus de chacune d'elle, existait une aire en maçonnerie, dont la concavité dirigeait les eaux de pluie vers un trou central bordé d'une margelle.

416. Empire Byzantin

Les réservoirs et citernes permettaient de pourvoir aux besoins des villes et des forteresses.

Leur construction se faisait par masse de béton avec revêtement extérieur de briques. Le fond et les parois intérieures en béton recevaient un double chemisage : d'abord une couche de charbon pilé mêlé avec de la chaux, ensuite une couche de ciment très fin poli, avec une application d'huile de lin. L'imperméabilité ainsi obtenue était remarquable.

La couverture était assurée par des voûtes de pierre.

417. Au Moyen-Age

Pour des raisons stratégiques, abbayes, cité et châteaux médiévaux étaient situés sur des collines ou des escarpements très souvent dépourvus d'eau de source, d'où la nécessité de recueillir les eaux pluviales dans de vastes citernes.

Presque toutes les citernes médiévales avaient un citerneau destiné à recevoir tout d'abord les eaux et les rejeter clarifiées dans la citerne. Le citerneau, placé à un niveau supérieur à celui du fond, se composait d'une auge percée de trous latéraux et remplie de gravier et de charbon. L'alimentation était assurée par les toitures au moyen de descentes en plomb ou en poterie.

La citerne médiévale classique était généralement creusée en sous-sol à même le roc ou la maçonnerie. Elle formait de véritables salles souterraines divisées en nef par des piliers supportant des voûtes.

L'étanchéité était assurée par des enduits soigneusement appliqués, ou parfois de l'asphalte (comme la citerne du Palais des Papes en Avignon). Les citernes maçonnées en pierre de taille pouvaient être jointoyées au plomb pour les rendre imperméables.

418. Renaissance

Les citernes étaient généralement voûtées avec un orifice de puisage au niveau du sol.

Le fond et les parois recevaient une application d'argile fine pétrie, puis une maçonnerie.

Pour l'enduit d'imperméabilisation, *Olivier de Serres* recommandait la recette suivante : fabriquer un ciment composé en égale proportion d'écume de fer, de verre, de cailloux de rivière, etc ... et d'un pourcentage de tuiles équivalent à l'ensemble des autres composants. Tout cela, une fois réduit en poudre et compressé, était mélangé avec du bon vinaigre ou du vin, puis avec de la chaux neuve fusée sans eau. Au moment de la mise en oeuvre, on pouvait y ajouter des blancs d'oeufs.

Le ciment était étendu en une couche de 27 mm d'épaisseur sur les parois et le radier.

Un autre type de citerne consistait à appliquer sur le fond de l'argile pétrie sur 32 cm d'épaisseur, surmontée d'un lit de gros sable de 16 cm. Les parois étaient en briques ou en pierres sèches sans mortier ni ciment, protégées par un rempart d'argile.

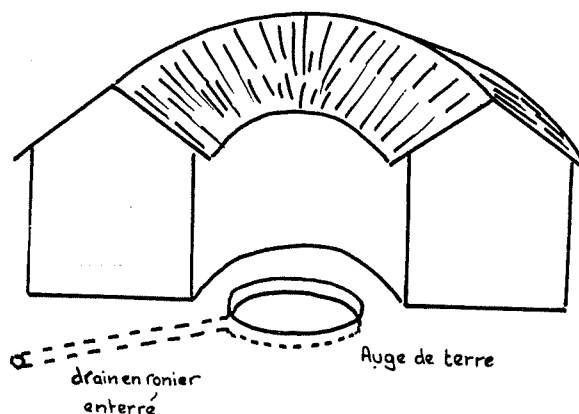
42. METHODES TRADITIONNELLES AFRICAINES

421. Utilisation des arbres

M. Pierre Martin signale (cf 36) la collecte le long des troncs de baobab, du côté tourné vers le vent en plantant dans l'écorce un fer d'iler pour le remplissage de canaris (pays Sérér au Sénégal). Au Soudan, dans la province de Khordofan, on utilise des troncs de baobab creusés comme réservoirs, le terrain autour servant d'impluvium.

422. Les cases annuaires à impluvium

Ce type de case était largement répandu dans la zone forestière de l'Afrique de l'Ouest, en Casamance chez les Diola, en Côte d'Ivoire chez les Dida.



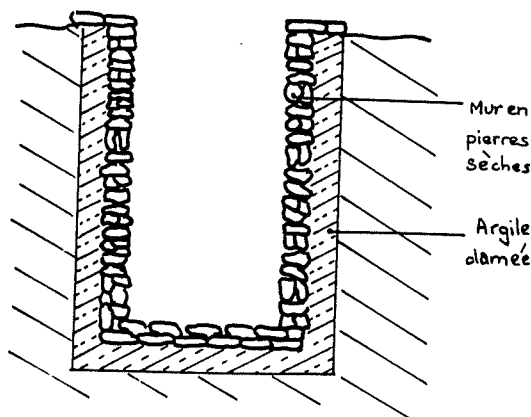
Coupe de la case
annuaire

C'est une case ronde en forme de couronne avec un toit à double pente. La face intérieure du toit tombe en entonnoir et déverse les eaux dans une auge centrale ou des canaris disposés à terre.

La valeur du stockage est donc faible. D'un intérêt certain au cours de la saison pluvieuse, l'impluvium est inefficace durant toute la saison sèche.

L'intérêt primordial de ce type d'habitat était de défense. Avec une seule porte sur l'extérieur, il pouvait devenir une forteresse pouvant abriter le bétail dans la cour intérieure.

423. Réservoir au Sahara Occidental



Un type de construction qui n'utilise que des matériaux locaux : de l'argile et des pierres.

On dame l'argile pétrie derrière le mur de maçonnerie en pierre sèche au fur et à mesure que l'on monte la construction. Les pierres protègent l'argile des chocs et assurent son maintien.

43. STOCKAGE DE PETITE CAPACITE

431. Fabrication de jarres en ciment ou fibro-ciment

Le stockage de l'eau de pluie dans les jarres s'avère pratique pour des volumes de moins d'un mètre cube.

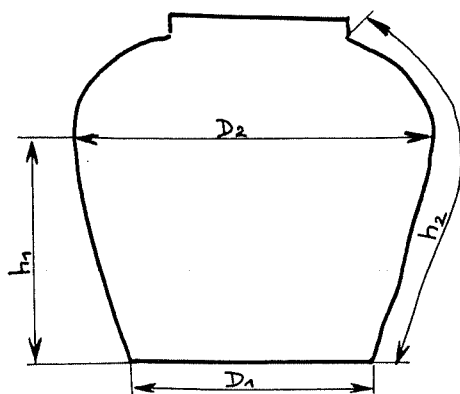
Peu coûteuses, de fabrication simple et rapide, elles peuvent rendre de grands services. De tous les ouvrages, elles sont certainement plus économiques pour un coût ramené au m³ de stockage.

Elles remplacent avantageusement les fûts de 200 l. métalliques qui souvent se revendent cher et ont une durée de vie limitée.

Le choix de la jarre se comprend parfaitement lorsqu'on ne dispose que d'une faible surface de captage (ex. : petite toiture) qui ne justifie pas la construction d'une citerne.

Choix de la forme de la jarre

On définit les cotes de la jarre désirée :



La première étape est la fabrication d'un moule qui donnera la forme intérieure de la jarre.

Le moule est un sac de toile rempli d'herbes sèches ou de sciure. Sur ce moule, on applique à la truelle deux couches d'un mélange de mortier et de courtes fibres de sisal. Les fibres de sisal ont la propriété d'augmenter sensiblement la maniabilité et la résistance du mortier.

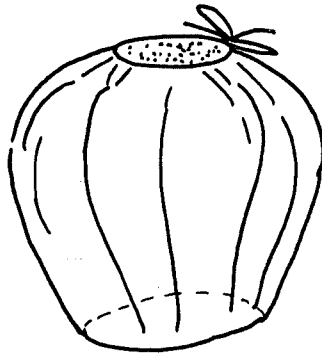
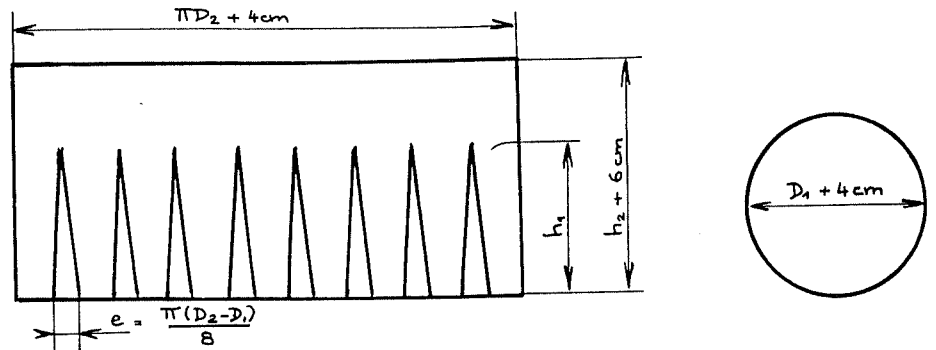
Fabrication du sac en toile

Le sac est composé de 2 morceaux: un morceau rectangulaire qui fait la paroi du sac et un morceau circulaire pour le fond.

Le morceau rectangulaire a pour longueur la circonférence de la jarre à son plus grand diamètre auquel on ajoute 4 cm pour la couture.

La largeur est égale à la hauteur de la jarre suivant la courbe de son profil à laquelle on ajoute 6 cm (2 cm pour la couture du fond et 4 cm pour l'ourlet qui sert à fermer le sac).

De façon à obtenir une forme resserrée à la base de la jarre, on coud 8 pinces.



Remplissage du sac

On bourre le sac de façon uniforme d'herbes sèches (ou de sciure, son de riz ...) en tassant très fort.

On referme le haut du sac.

Préparation du mortier

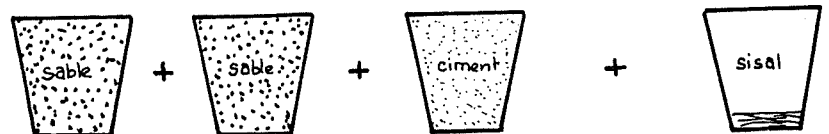
Le mortier peut être un mortier simple (sable + ciment) ou un mortier dans lequel on a ajouté des fibres courtes (fibro-mortier).

L'avantage des fibres est qu'elles limitent la micro-fissuration inévitable qui apparaît lors de la prise du ciment.

Le fibro-mortier est de ce fait un matériau qui a une plus grande résistance aux chocs.

Des fibres végétales peuvent être utilisées : sisal, fibre de noix de coco etc ...

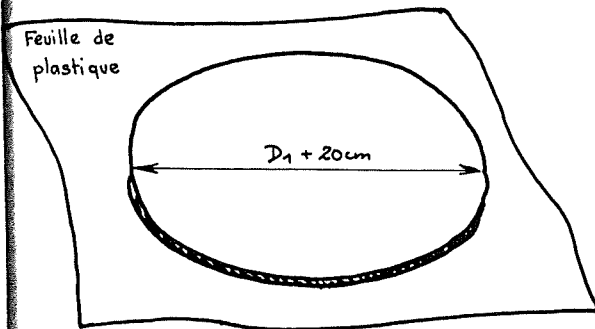
PROPORTIONS



2 mesures de sable fin + 1 mesure de ciment + 1/10 mesure de sisal

Construction de citernes

- . on mélange bien à sec le sable fin et le ciment
- . on mouille pour donner au mélange la consistance d'une soupe épaisse
- . on coupe le sisal en morceaux courts (3 à 4 cm)
- . on sème au fur et à mesure les fibres dans le mortier tout en mélangeant..

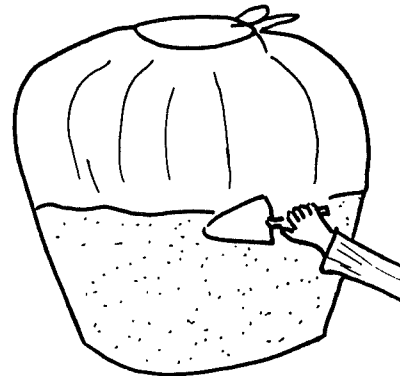
Préparation de la base

On fait un disque de mortier de 2 cm d'épaisseur et de diamètre $D_1 + 20 \text{ cm}$

On pose le sac sur la base encore fraîche. On arrose le sac; on rabat le surplus du mortier sur le côté du sac.

On applique une première couche de mortier (de 6 à 8 mm d'épaisseur) à la truelle sur le sac en partant du bas.

La première couche terminée, on en applique une deuxième de la même épaisseur.

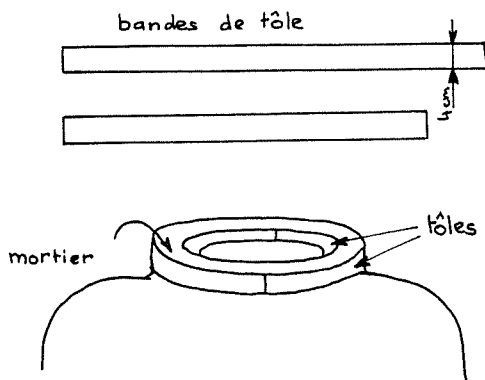
Encolure

On découpe 2 bandes dans une vieille tôle ondulée de façon à en faire 2 cercles. On coule l'encolure entre ces 2 cercles.

Veiller à ce que la jarre soit à l'ombre et arroser régulièrement.

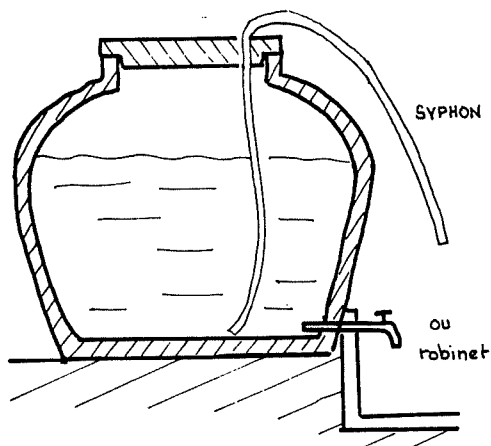
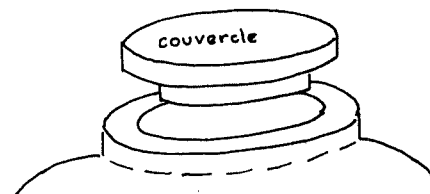
Après deux jours, vider le sac de son contenu et le retirer.

Pour une meilleure étanchéité, on fait un petit enduit à l'intérieur de la jarre (1 mesure de sable très fin pour 1 mesure de ciment).



Fabriquer un couvercle à l'aide des 2 bandes de tôle.

Continuer à arroser la jarre régulièrement. Après 2 semaines, la jarre est prête à l'emploi.

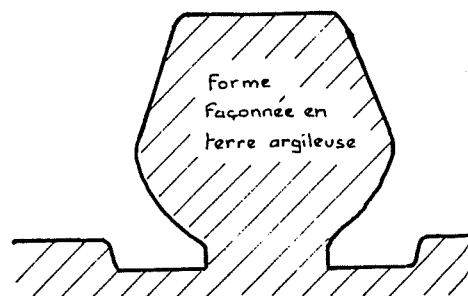


Pour retirer l'eau de la jarre sans avoir à soulever le couvercle fréquemment, ce qui peut être une cause de contamination de l'eau, on peut prévoir le passage d'un tuyau souple pour syphonner ou sceller un robinet à la base de la jarre.

432. Jarre en ciment avec moule en terre

Une variante pour la fabrication de petites jarres : c'est façonner le moule intérieur avec de la terre, tête de la jarre en bas.

Lorsque l'enduit est dur, on vide la jarre de son contenu.

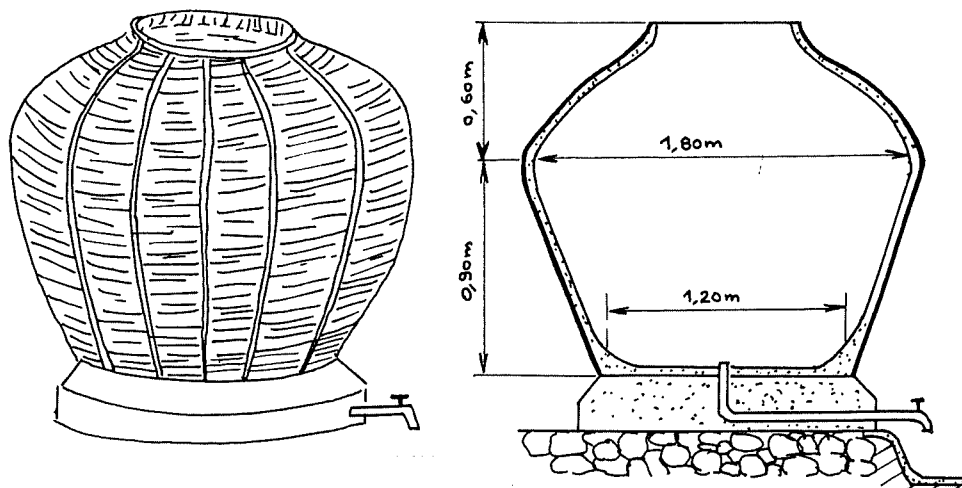


433. Jarres en argile cuite

Elles sont très adaptées au stockage de l'eau ; elles ont aussi l'avantage de la garder fraîche lorsqu'elles sont poreuses. Leur capacité malheureusement est réduite car elle est limitée par la taille du four de cuisson et la consommation de bois.

Au Mali, on fabrique des jarres de plusieurs centaines de litre en terre cuite grâce à un procédé astucieux. La jarre est divisée en plusieurs éléments cuits séparément qui sont assemblés et recollés après cuisson.

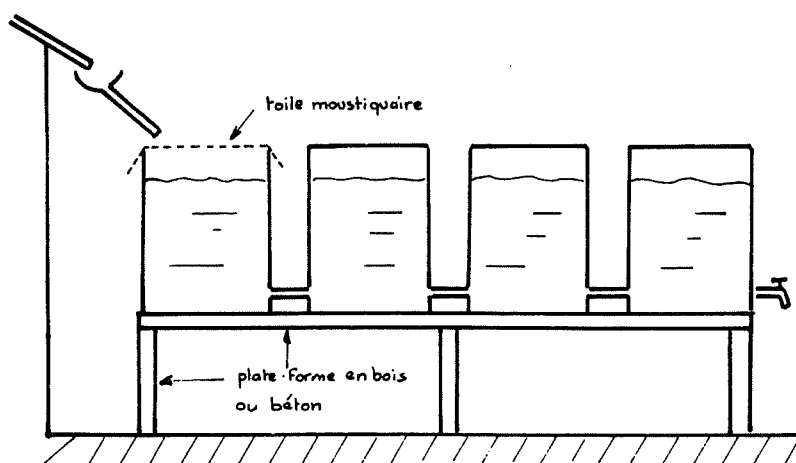
434. Jarre Ghala
(Réf. 2, 18)



La jarre Ghala est née en Afrique de l'Est de la synthèse de la technique des jarres en ciment et la technique de fabrication des paniers.

Un panier tressé (osier, joncs, brindilles) forme l'ossature de la jarre et reçoit un enduit intérieur de 2,5 cm (2 volumes de sable pour un volume de ciment).

435. Fûts métalliques



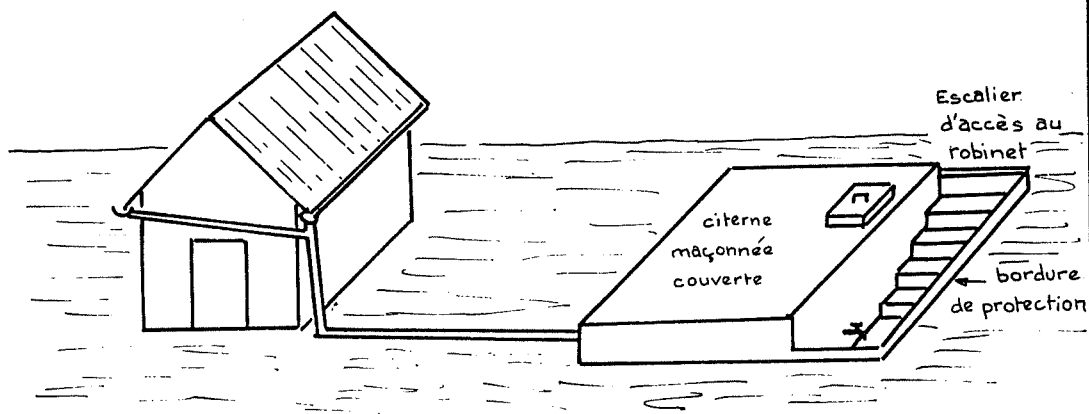
Les fûts de 200 l apportent une solution rapide au problème de stockage. Ils demandent à être nettoyés parfaitement avant usage. Une peinture de protection (non toxique) aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur les protégera de la corrosion. La soudure des tuyaux de raccord est délicate car la tôle est très fine.

Vu leur durée de vie faible et leur prix d'achat relativement élevé, les fûts sont une réponse relativement coûteuse au problème de stockage. Ils n'offrent en outre pas de grandes garanties pour la qualité de l'eau car la rouille apparaît très souvent.

44. CITERNE MACONNEE

441. En maçonnerie de parpaings

Le modèle étudié est équipé d'un escalier d'accès au robinet. La trappe de visite n'est donc ouverte que pour les opérations de nettoyage. Les risques de contamination par les récipients sont donc évités.



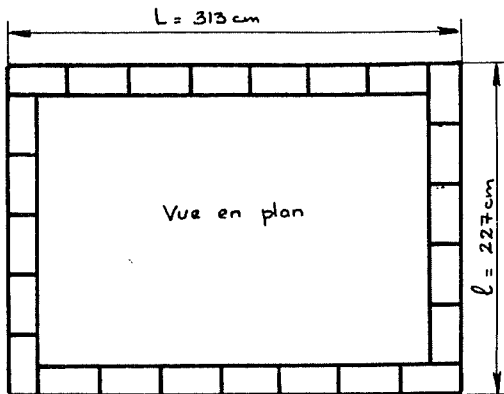
Le terrassement

Lors de la fouille, on peut éviter de mélanger les différents horizons de terre (terres fertiles de surface et les terres stériles souterraines), cela permet de réutiliser par la suite la bonne terre pour l'épandre dans un endroit où elle sera utile. Pour une citerne de 12 m³, il faudra retirer environ 20 m³ car il faut tenir compte du volume des murs et de l'escalier.

Dimensions de la citerne

La citerne mesure environ 2 m x 3 m sur 2 m de hauteur (dimensions intérieures). On calculera les dimensions de façon à tomber sur un nombre entier de parpaings. On évite ainsi le gaspillage de matériaux et on économise du temps à la pose.

Construction de citernes



avec des parpaings de 15 x 20 x 40
et des joints de 2,5 cm

dimensions extérieures

$$L = (7 \times 40) + (1 \times 15) + (7 \times 2,5)$$

$$L = 313 \text{ cm}$$

$$I = (5 \times 40) + (1 \times 15) + (5 \times 2,5)$$

$$I = 227 \text{ cm}$$

Fabrication du mortier

Le dosage conseillé est de 3 brouettes de sable par sac de ciment de 50 kg portland 325. Une brouette jauge 60 l.

- Le sable doit être propre. On peut vérifier qu'il ne contient pas trop de limon en secouant un bocal rempli de sable et d'eau. Laisser décanter. Les particules vont se déposer par couches successives suivant leur grosseur. On peut ainsi évaluer le pourcentage de particules très fines contenues dans le sable.
- Ne pas utiliser d'eau trop sale ou des eaux savonneuses dans la préparation du mortier.
- Préparer une place propre pour le gâchage.

Les fondations

La solidité des fondations dépend de la nature du terrain où est implantée la citerne.

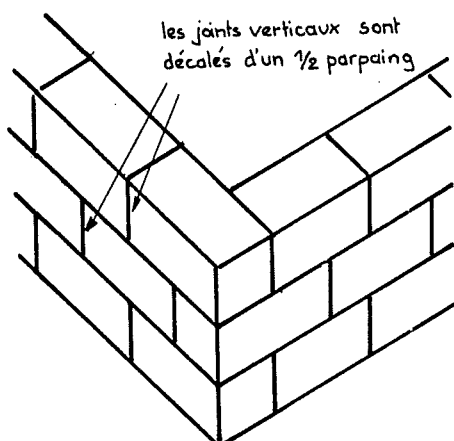
Sur une base de roche dure et stable, elles sont pratiquement inutiles. Un simple béton de propreté et de mise à niveau suffira.

Sur des terrains instables ou hétérogènes, il sera nécessaire de ferrailler les fondations.

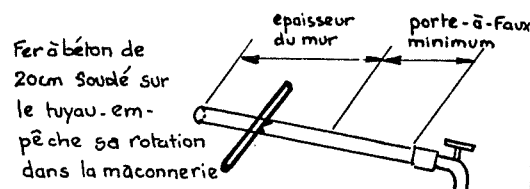
Dans beaucoup de cas, une fondation de béton non armé sera satisfaisante.

Elévation des murs

Lors de la pose des parpaings, on veillera à remplir les joints (de 25 mm environ) avec beaucoup de précautions spécialement du côté de la face extérieure du mur. On évitera aussi ce qu'on appelle "les coups de sabre", c'est-à-dire l'alignement de 2 ou plusieurs joints verticaux.



Le robinet et le tuyau d'alimentation seront scellés dans la maçonnerie ainsi que le tuyau de trop plein au cours de la construction.



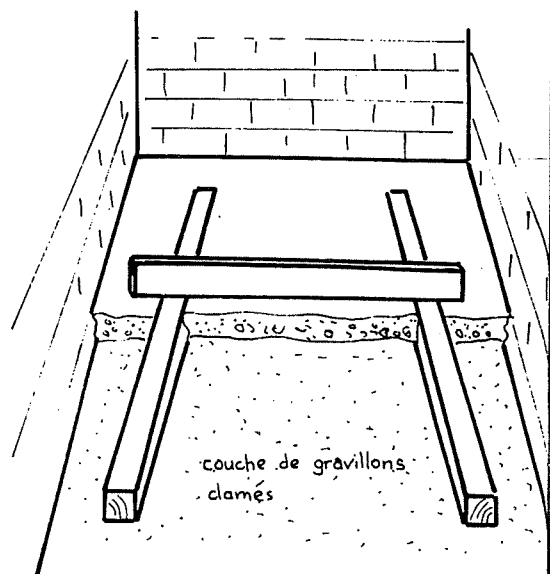
Bien garnir de terres stériles ou graviers le vide entre le terrassement et la maçonnerie au fur et à mesure de la construction. Bien garnir les joints extérieurs ; bien resserrer à la truelle en lissant avec un mortier bien dosé.

Le radier

Le béton est coulé sur une épaisseur de 8 à 10 cm

Deux chevrons de l'épaisseur du radier sont calés avec une légère pente, de façon à ce que le point bas du radier soit à l'aplomb de la trappe de visite. Cela facilitera les opérations de nettoyage de la citerne.

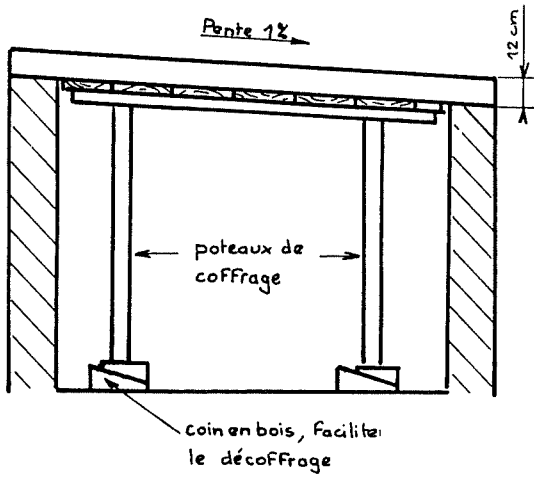
Ces chevrons serviront de support à la règle de bois utilisée lors du coulage du béton.



Les enduits : cf. chapitre sur l'étanchéité (53).

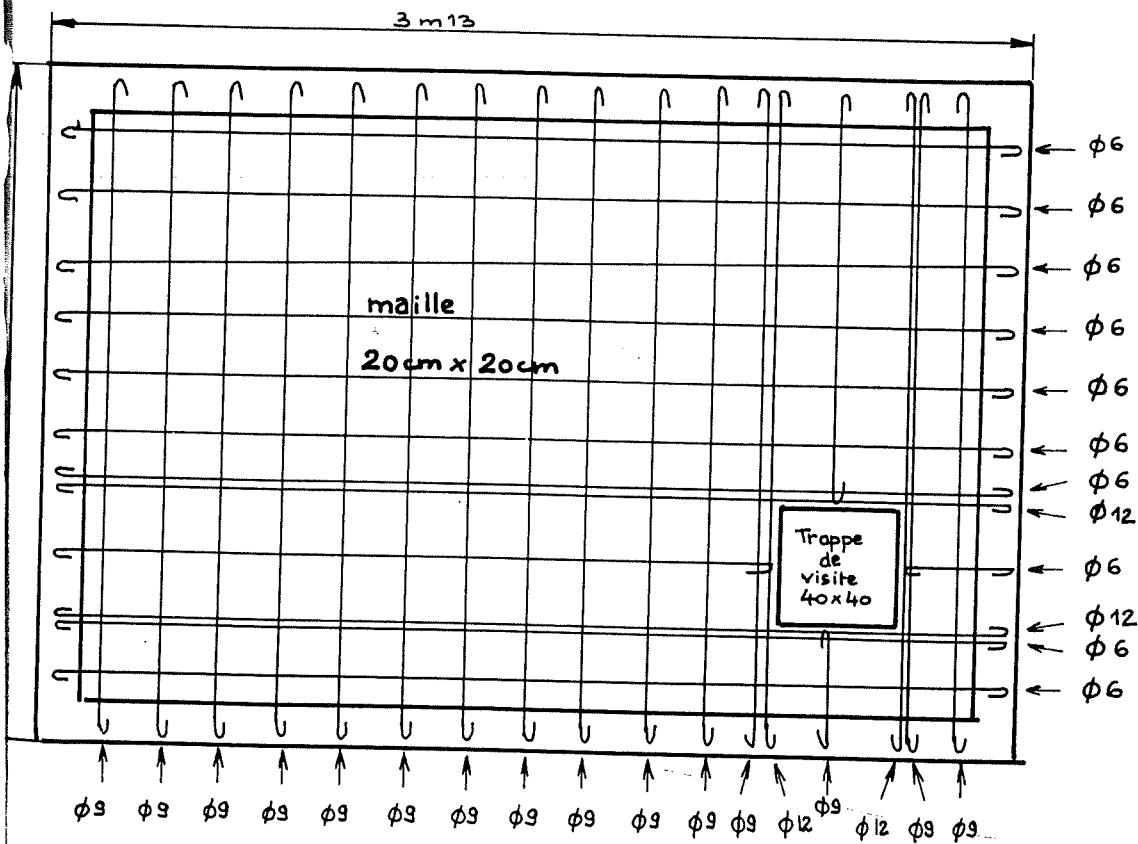
Dalle de couverture

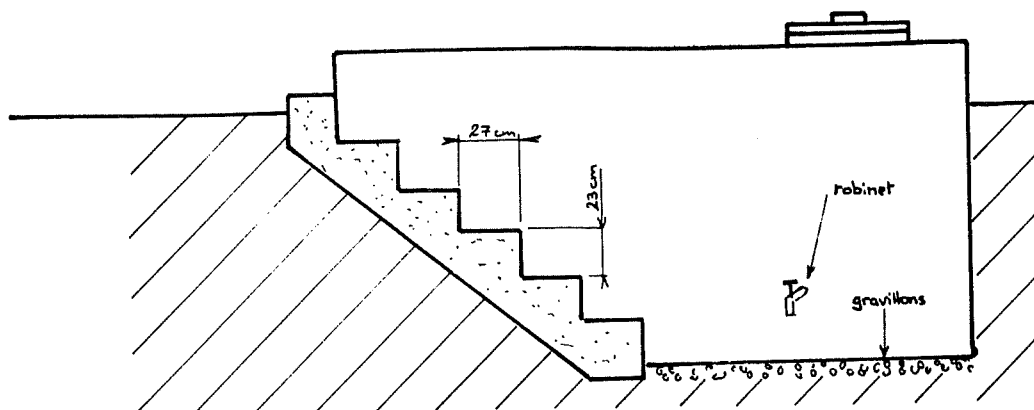
La dalle de couverture doit avoir une pente de 1 % pour que les eaux de ruissellement s'évacuent facilement. L'orientation de cette pente doit être choisie de façon à être la moins gênante. Ne pas l'orienter par exemple vers l'escalier où les eaux pourraient ensuite stagner. On donnera au coffrage de la dalle la pente désirée, ce qui permettra de couler une dalle d'épaisseur constante (12 cm).



Pour une fabrication en série de citernes, un coffrage standardisé pourra être utilisé de nombreuses fois.

Plan de ferrailage



L'escalier

L'escalier est un endroit humide, il est préférable de laisser la surface des marches rugueuse pour éviter qu'elles soient glissantes.

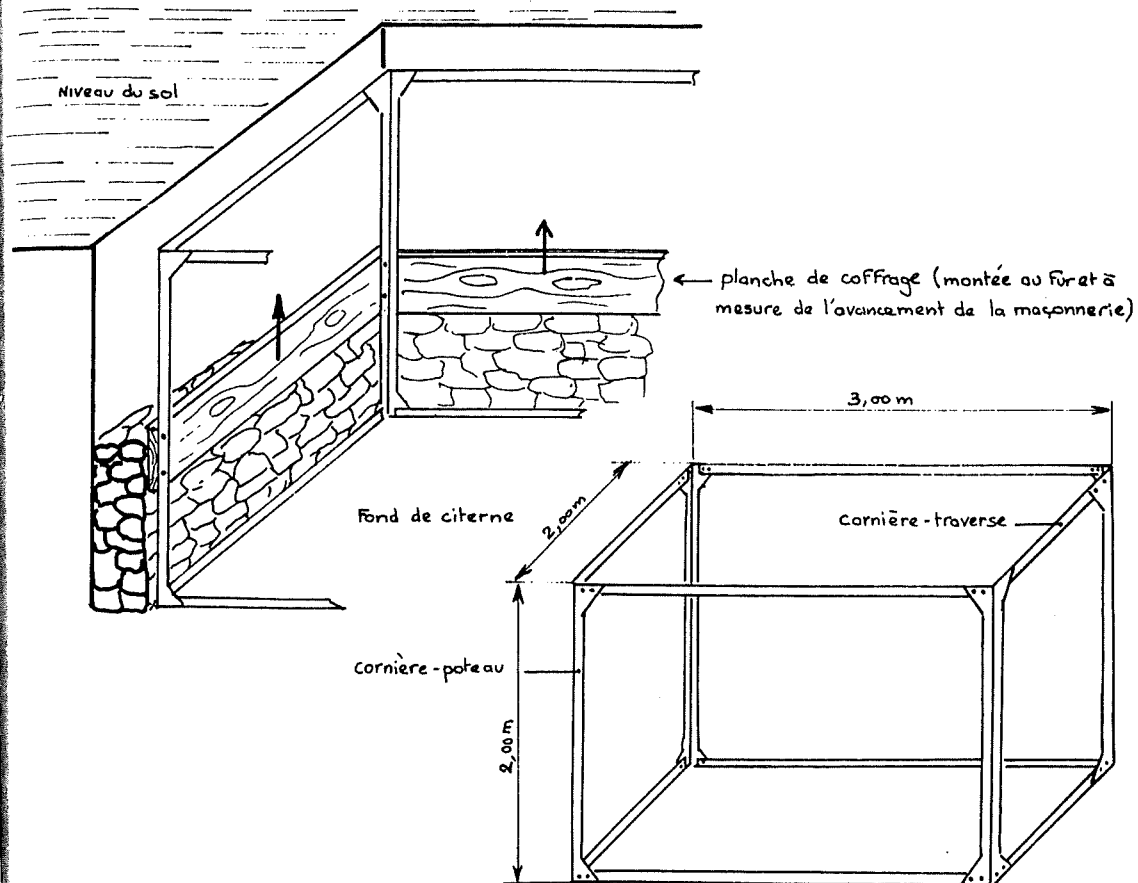
442. Citerne enterrée en maçonnerie de roches

La méthode de construction est identique à 441 avec la différence que les murs sont plus épais (40 à 45 cm d'épaisseur). La pose de moellons demande une certaine qualification. L'utilisation d'un cadre métallique démontable qu'on installe dans le trou de la citerne simplifie cette opération. Il suffit de remplir de roches et de mortier l'espace compris entre la planche de coffrage et le mur de la fouille.

Au fur et à mesure que l'on monte la maçonnerie, on remonte la planche de coffrage que l'on fixe à l'aide de 2 fiches sur les cornières-poteaux.

Outre le gain de temps et la facilité d'exécution, cette méthode apporte un avantage sérieux pour l'enduisage.

Les murs intérieurs de la citerne sont déjà, grâce à la planche de coffrage, bien dressés et présentent une surface presque lisse nécessitant une épaisseur moindre d'enduit.



443. Citernes en maçonnerie de briques

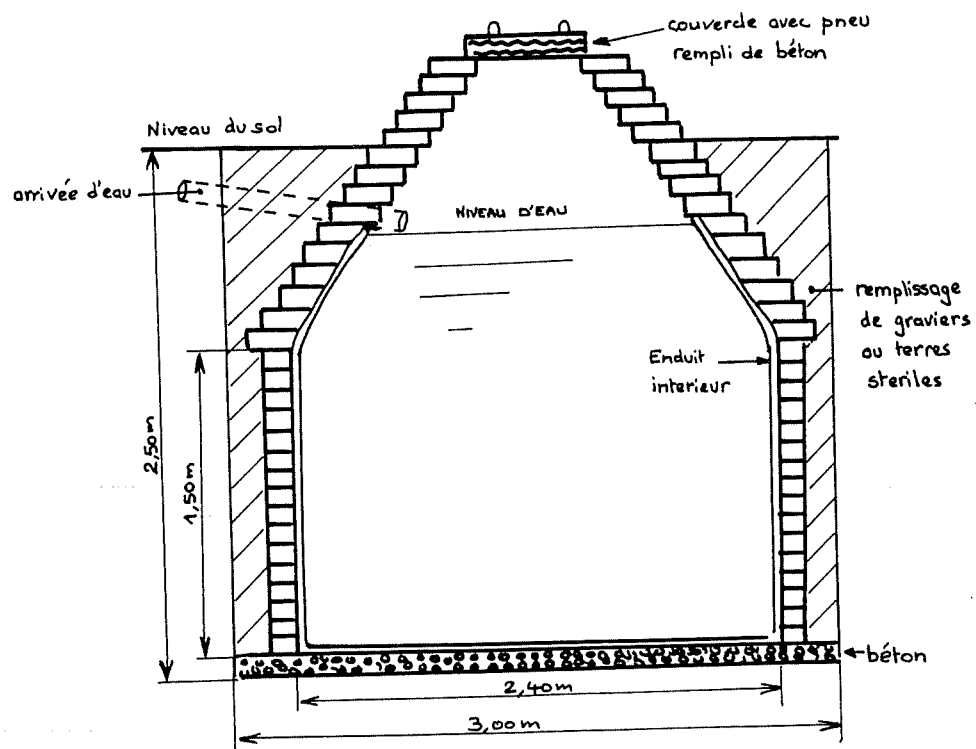
Pour les citernes rectangulaires, la méthode est identique à celles des parpaings (cf. 441).

Nous ne citerons ici que deux exemples de citernes en briques ayant chacune une caractéristique originale.

Elles sont toutes les deux cylindriques, il faut apporter une attention particulière dans le garnissage des joints verticaux des parois, ceux-ci étant plus ouverts vers l'extérieur.

4431. Citerne à dôme

(présentée par Martin Whiteside réf. 47)

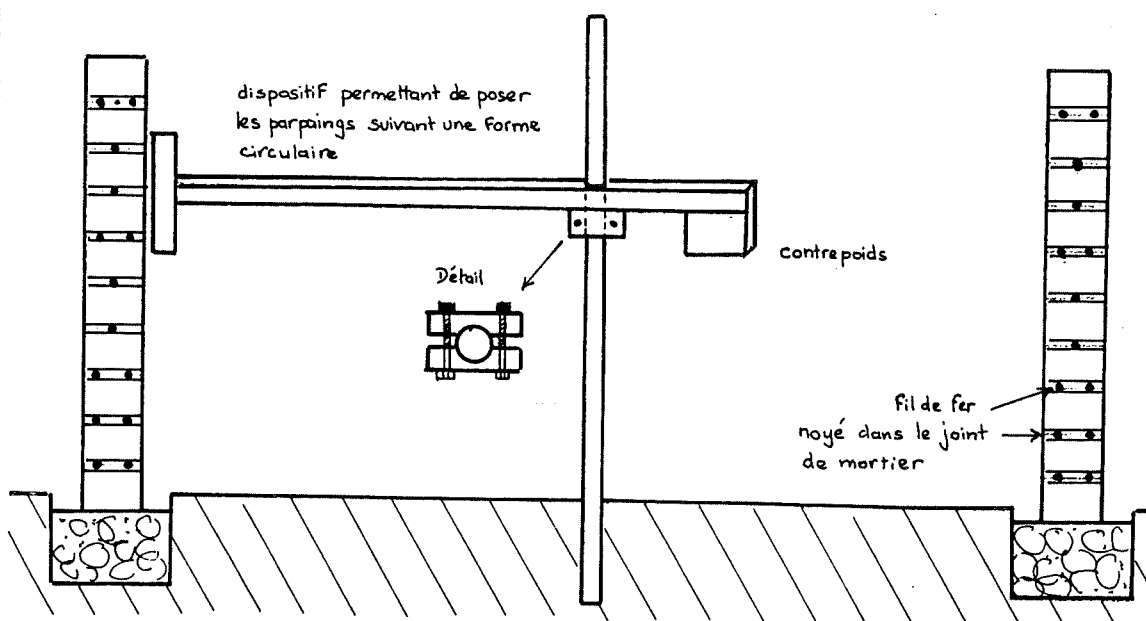


Cette citerne a l'avantage de ne pas nécessiter de dalle de couverture.

Un vieux pneu dans lequel on a coulé du béton sert de couvercle.

4432. Réservoir en briques renforcées au fil de fer barbelé

(voir réf. 47, 71 et 22)



Pour des réservoirs de grand diamètre (4 m et plus), on peut éviter d'utiliser le béton armé en faisant une maçonnerie armée. Entre chaque rangée de briques, on étire du fil de fer barbelé (1 ou 2 rangées) noyé dans le mortier du joint.

45. CITERNES EN FERRO-CIMENT ENTERREES

La technique du ferro-ciment a été largement éprouvée depuis un siècle : construction de bateaux, d'édifices, de silos etc ... Elle a trouvé un terrain d'application privilégié dans la construction de citernes où ses qualités d'étanchéité sont particulièrement appréciées. Le ferro-ciment se définit comme une fine paroi de mortier de ciment renforcée par un grillage de fil de fer fin (type grillage de poulailler).

Contrairement à la maçonnerie, la structure ferro-ciment est légère, flexible, homogène en surface (pas de joints), c'est donc un matériau adapté à la fabrication de récipients (réservoirs, citernes).

Dans tout mortier, au moment de la prise du ciment et du séchage, il se produit des fissurations dues au retrait. Ces fissures ne sont pas toujours visibles mais sont néfastes à l'étanchéité du matériau. Dans le ferro-ciment, le grillage réduit sensiblement le développement de ces fissures. Leur longueur ne peut excéder la largeur d'une maille. Ces fissures (1 à 2 centièmes de large) ne sont plus dangereuses pour l'étanchéité.

Le grillage sert également d'armature qui reprend de façon très uniforme les efforts de traction de la paroi dus à la pression de l'eau.

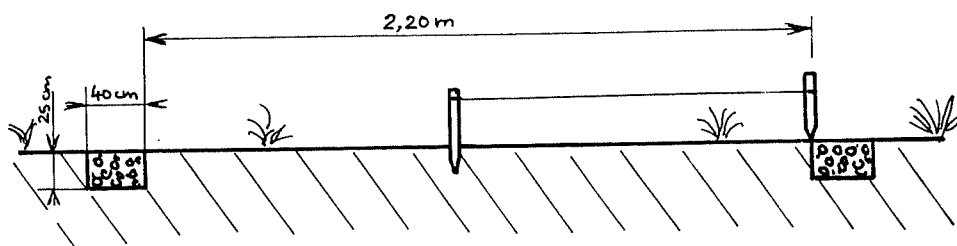
Le coût du grillage peut être un obstacle à l'utilisation de ce matériau. Celui-ci doit être comparé aux économies effectuées sur l'utilisation des autres matériaux et au gain de temps d'exécution qu'il procure. Son application est rapide mais nécessite un moule.

La citerne enterrée a pour principal avantage d'éviter l'utilisation d'un moule, l'application du mortier se faisant directement sur la paroi de la fouille.

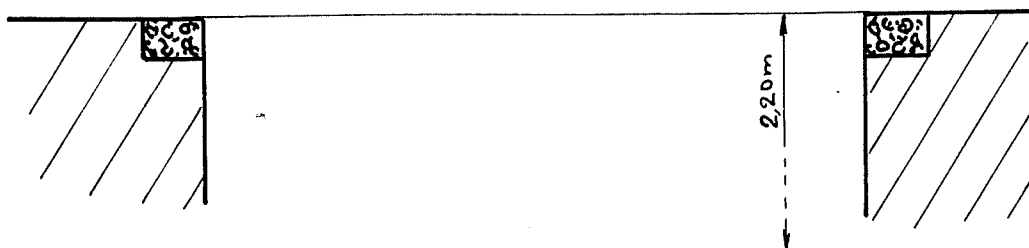
Cela nécessite une terre ayant une bonne tenue, pouvant se creuser sans s'écrouler, les parois pouvant se dresser sans trop de difficultés. Les terrains trop sableux ou rocheux ne répondent pas à ces exigences. Dans ce cas, on construira de préférence une citerne en maçonnerie.

451. Citerne enterrée type "Salagnac" - 10 m³

Après avoir égalisé le terrain, un anneau de béton est coulé dans une tranchée circulaire creusée au sol. Son diamètre intérieur est égal au diamètre de la citerne. Il est tracé à l'aide d'un piquet enfoncé dans le sol.



Après 48 h., cet anneau va permettre d'effectuer le terrassement de la citerne avec précision, il évitera aussi l'écroulement de la bouche du cylindre. Il servira également de fondation aux parpaings qui surélèveront la citerne et la mettront à l'abri du ruissellement des eaux de surface.

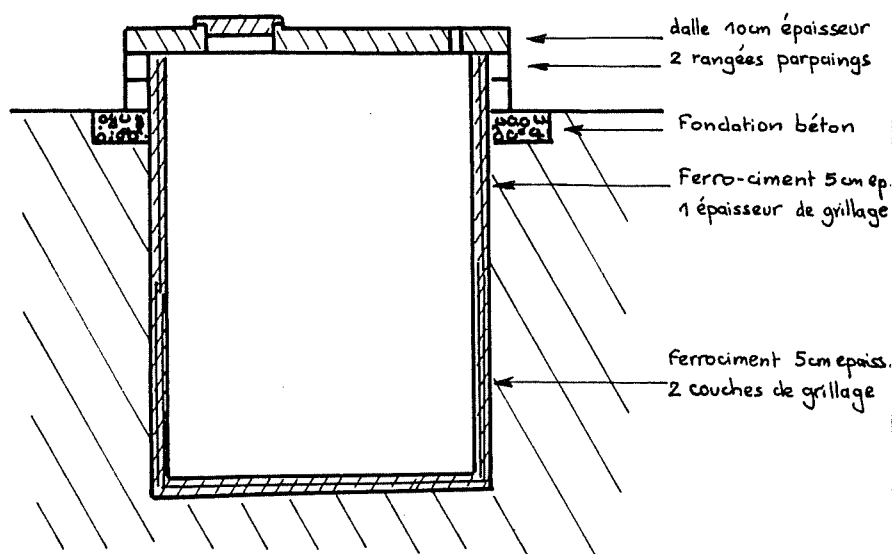


On procède ensuite successivement aux opérations suivantes :

- 1er crépissage (renformis) qui permet de rattraper les défauts de fouille et corrige la verticalité des parois. Le mortier est alors très faiblement dosé en ciment.
- un enduit d'environ 15 mm d'épaisseur dosé à 2 brouettes de sable par sac de ciment. Cet enduit est laissé rugueux pour faciliter l'accrochage de la couche suivante.
- pose du grillage fixé sur la paroi à l'aide de cavaliers ou clous mis en forme de U. Un recouvrement de 5 à 10 cm est assuré à la jonction des bandes de grillage.
- un enduit de même composition recouvre le grillage (10 à 15 mm d'épaisseur).
- un enduit de finition au sable tamisé, taloché et lissé à la truelle.

Les enduits seront effectués avec un intervalle de 24 h entre chaque.

La chappe de béton au sol sera également armée de grillage bien amarré au grillage des parois (de préférence par recouvrement).



452. Citerne enterrée "modèle Père Hégron" - 22,5 m³

Le texte qui suit est un extrait de "Comment construire une citerne" du Père Hégron publié par l'ENDA. On s'y référera pour plus de détails.

Agglomérés.

On fabrique des agglomérés dans un moule cintré, fait spécialement à cet usage. Le cintre est tracé à partir d'un rayon de 1,60 m, ceci pour obtenir exactement le galbe intérieur de la citerne. Ils font, ces agglomérés 8 ou 9 cm d'épaisseur. S'ils font 30 cm de long et 15 cm de hauteur, il en faut de 200 à 220 pour une citerne. Ils sont composés de sable, gravier et ciment à raison de 350 kg/m³.

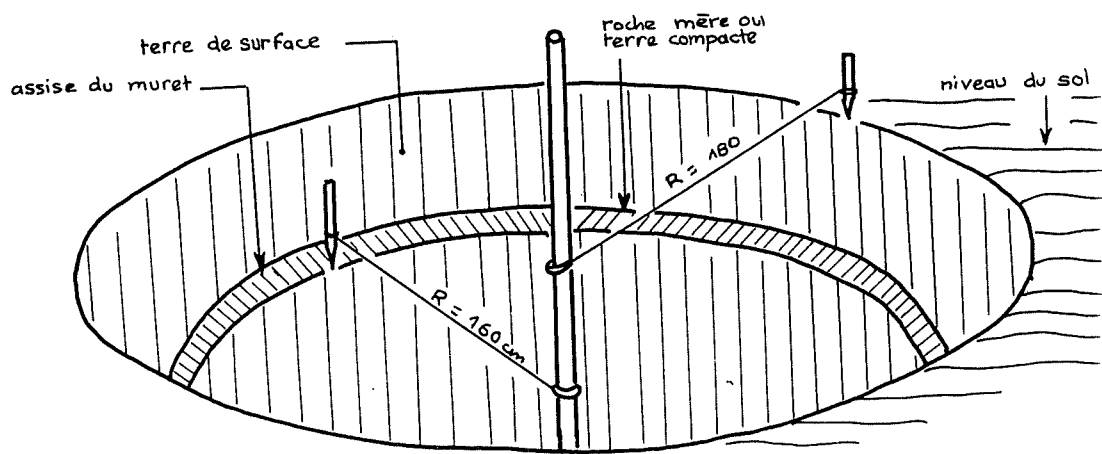
Tracé du premier cercle.

On trace au compas un rayon de 1,80 m. Puis on procède à la première fouille. On creuse dans ce rayon jusqu'à ce qu'on trouve la roche mère ou au moins une terre compacte qui puisse supporter en enduit (cf. fig.).

Toute la terre de surface, terre arable et terre gravillonneuse facile à creuser est enlevée. On doit enlever ainsi, ordinairement de 60 à 70 cm. Si on trouve la roche dure on doit arrêter avant, et dans ce cas on utilisera moins d'agglomérés. Mais si le sous-sol est sableux, alors il faudra descendre jusqu'au plus bas niveau du sable, et il faudra beaucoup plus de 200 agglomérés.

Muret

Quand on a trouvé le dur, on arrête donc de creuser, et on pose sur l'assise de ce pourtour un muret circulaire d'agglomérés cintrés. Le rayon intérieur du muret est impérativement de 1,60 m. On utilise le compas pour la pose de chaque aggloméré, ceci pour obtenir un cercle parfait. Le muret doit sortir de 20 à 30 cm au-dessus du sol. Dans le rang supérieur de ces agglomérés on pose un tube de 10 cm. de diamètre qui servira à évacuer le trop-plein d'eau



Construction de citernes

Deuxième fouille

Quand le muret est posé, on termine la fouille en prenant pour rayon 1,60 m, celui du muret. Pour régulariser bien la paroi on utilise une règle et un niveau vertical ou le fil à plomb. On descend jusqu'à 3,20 m au-dessous du niveau supérieur du muret. Arrivé à 3,20 m. de profondeur on pratique au centre un trou de la forme d'une grande cuvette, pour servir de puisard.

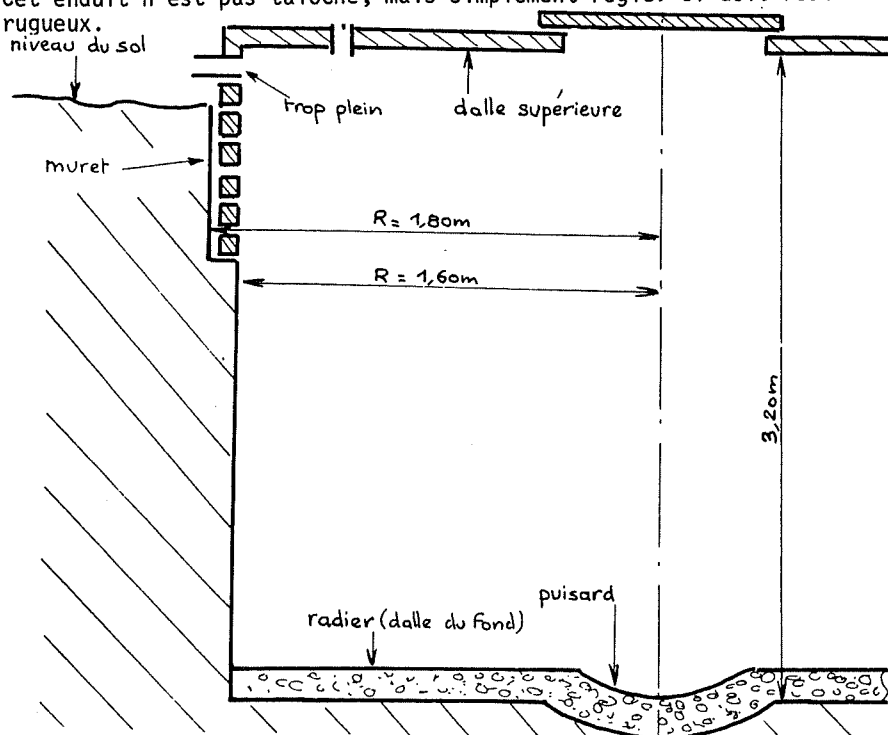
Les enduits

Si la paroi n'est pas régulière, si elle présente des trous; on la régularise en jetant du mortier ordinaire.

Puis on projette un premier enduit de mortier riche en ciment.

N.B. Cet enduit, comme les autres sera projeté et non étendu à la truelle, de façon à bien remplir tous les vides. Cet enduit doit recouvrir toute la paroi depuis le fond jusqu'au sommet. Pour ces enduits on utilise du sable de bonne qualité, ce qui veut dire du sable granuleux, du sable qui fait du bruit quand on marche dessus; et non pas du sable gras qui colle. Cette remarque est très importante. Car les maçons, tâcherons de village ont l'habitude d'utiliser du sable gras. Le sable gras contient d'autres éléments : argile blanche ou rouge, ou humus, qui le rendent impropre à ce genre de travail. Les maçons sus-dits aiment utiliser ce sable gras pour les raisons suivantes : mélangé à très peu de ciment il adhère facilement aux parois à enduire, de plus il donne un aspect lisse. Mais quand on fait une citerne on ne cherche pas un travail facile à exécuter, on cherche à obtenir une paroi qui soit étanche.

Cet enduit n'est pas taloché, mais simplement réglé. Il doit rester très rugueux.



Pose du grillage

On déploie sur cet enduit un grillage qu'on maintient en place avec des petites pointes fixées dans la paroi. On utilise du grillage galvanisé, triple torsion, maille de 41 mm. Pour les jonctions il suffit que le grillage se recouvre de 4 à 5 cm. On utilise du grillage de 1,50 m de large. Deux largeurs nous donnent 3,00 m moins 5 cm de recouvrement soit 2,95 m. Il faudrait donc encore 30 cm de large (25 + 5 de recouvrement) pour arriver au sommet de 3,20 m. Mais il est inutile d'en rajouter pour ça. On commence donc par le poser par le fond.

Deuxième et troisième enduit

Sur le grillage posé on projette un enduit riche en ciment, peu épais, juste pour faire adhérer le grillage au premier enduit. On régularise cet enduit grossièrement, mais on ne taloche pas.

Avant que ce deuxième enduit soit sec, le lendemain, on projette encore un enduit riche en ciment et on le règle puis on l'unifie parfaitement à la taloche. On obtient ainsi une paroi qui fait environ 5 cm d'épaisseur.

Application de lait de ciment (*)

Environ 12 heures après le dernier enduit on applique à l'aide d'un gros pinceau un lait de ciment sur la paroi. Cette application doit se faire quand le dernier enduit est "gelé" et pas sec. Cette application de lait de ciment a pour but de fermer les fissures qui auraient pu se former.

Dalle du fond

On procède ensuite à la dalle du fond. Gravier, sable, ciment. On ménage un puisard au centre en forme d'une cuvette d'une capacité de 25 à 30 litres. Ce puisard servira à vidanger la citerne pour la nettoyer. La dalle doit être légèrement inclinée vers le centre pour faciliter cette opération de nettoyage. Puis on revêt la dalle d'un grillage, comme les parois. Ensuite on procède à la chappe qu'on saupoudre de ciment et qu'on lisse parfaitement à l'aide de la truelle.

A la jonction de la dalle et des parois on relève le mortier de la chappe sur la paroi et on arrondit ce joint. Ceci pour assurer l'étanchéité entre les deux. (*)

Etayage coffrage

On met en place les étais et le coffrage comme il convient. On prévoit au

(*) Se référer au chapitre "Etanchéité" de cet ouvrage pour plus de précisions ou pour des variantes à cette technique.

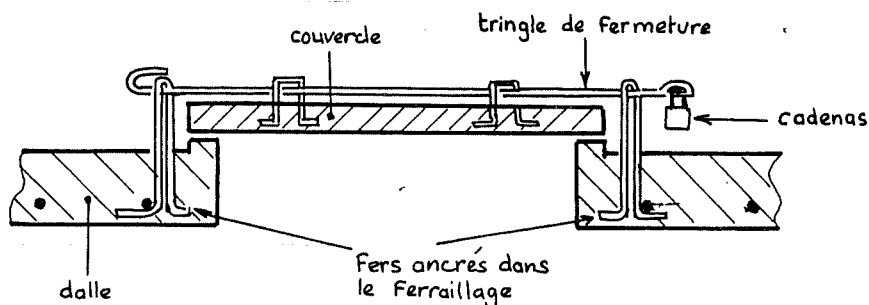
centre un trou d'homme de 60 cm. C'est par ce trou qu'on puisera. Si on doit construire des citernes en série, on préfabriquera un coffrage réutilisable.

Dalle supérieure

On ferraille avec des barres de diamètre 8 mm comme barres de résistance, et des fers de diamètre 6 mm comme barres de répartition. L'écartement entre les barres est de 15 cm. Mais si les tâcherons travaillent bien, si les fers sont dressés, si les crochets sont bien exécutés, et les barres bien réparties, un écartement de 20 cm suffit largement.

On coule la dalle comme il convient et on lui donne 12 cm d'épaisseur. Autour du trou d'homme on fait une bordure large de 4 à 5 cm surélevée de 2 ou 3 cm par rapport au niveau de la dalle. Ceci pour éviter que l'eau de ruissellement et les poussières accumulées sur la dalle ne s'écoulent vers l'intérieur. On donne aussi une légère pente à partir du centre vers l'extérieur de la dalle, pour la même raison.

Au moment de couler la dalle on met en place deux tubes de 10 cm de diamètre, à l'endroit précis où viennent s'adapter les descentes de chenaux.



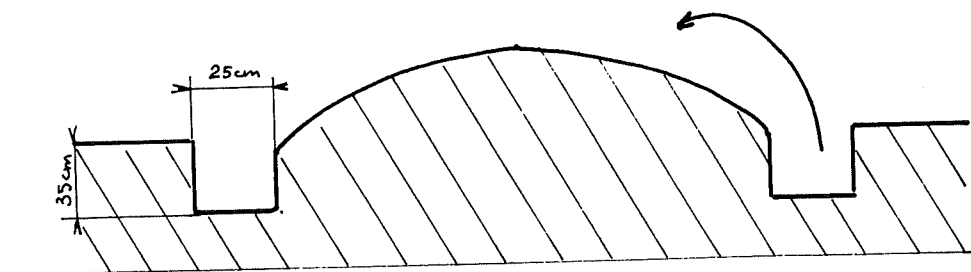
Deux boucles de fer liées au ferrailage de la dalle peuvent être prévues pour permettre la fermeture du couvercle (identique au système de fermeture des cantines métalliques).

453. Citerne enterrée type "Kitow" - Nouvelles Hébrides - 19 m³

(Réf. 14 et 60)

Cette méthode se distingue par le coulage de la dalle de couverture qui ne nécessite aucun coffrage. Elle est donc avantageuse lorsque le bois est rare et cher.

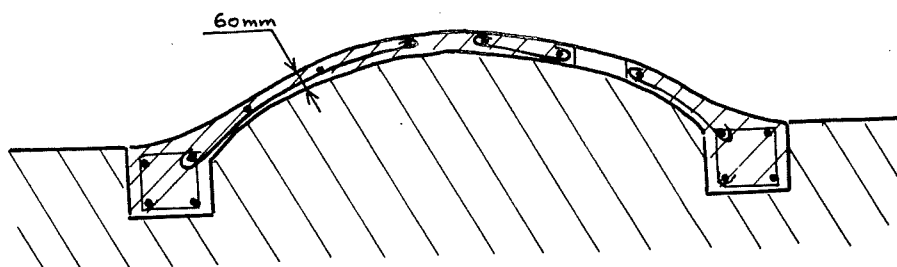
- on creuse une tranchée annulaire de 3,60 m de diamètre intérieur. La terre de déblai est rejetée à l'intérieur pour donner une forme de dôme.



On recouvre le dôme d'une couche de mortier de 10 mm d'épaisseur.

La tranchée est ferraillée à l'aide de 4 fers à béton horizontaux de $\varnothing 12$ mm soutenus par des cadres 20×30 de fer $\varnothing 10$, tous les 45 cm.

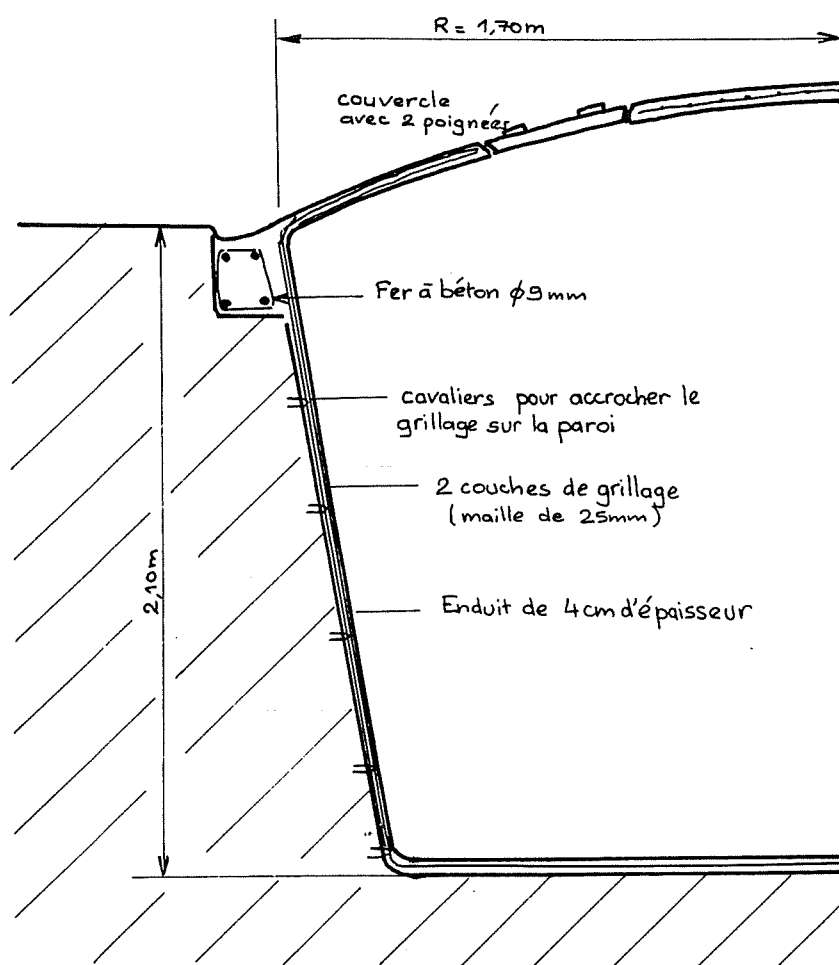
Le dôme est également armé : 10 fers radiaux $\varnothing 6$ mm maintenus par des fers en forme de cercle. Il est recouvert de 3 couches de grillage (maille de 5 cm environ). On coule le béton dans la tranchée. Le dôme est recouvert d'un mortier de 5 cm d'épaisseur.



Deux espaces diamétralement opposés sont réservés sur le dôme pour les trappes de visite (60 x 60).

Après une semaine on peut commencer à creuser la citerne en dessous du dôme maintenant durci. La terre est retirée au fur et à mesure par les trappes de visite.

La fouille a une forme conique, ce qui rendra les enduits intérieurs plus aisés à appliquer.

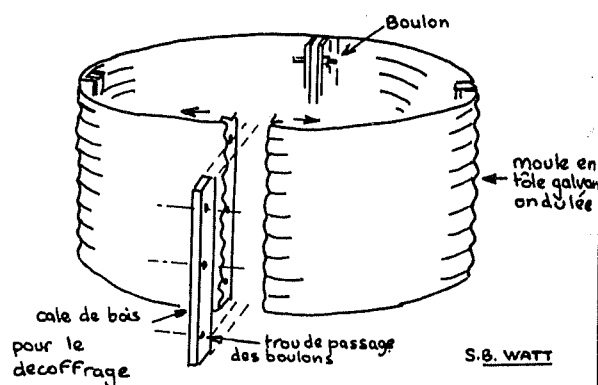


46. CITERNE FERRO-CIMENT HORS-SOL461. Choix du moule

La construction d'une citerne ferro-ciment nécessite une forme ou un moule sur lequel on pourra fixer le grillage et effectuer les enduits.

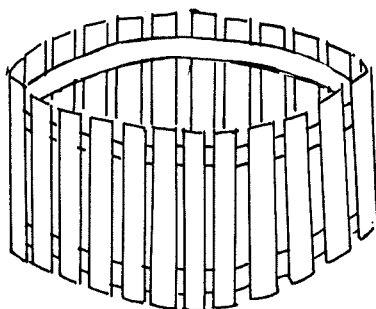
Ce moule devra être prévu pour être démonté facilement.

Des tôles galvanisées ondulées (utilisées pour les conduites bu-sées) peuvent servir à cet effet;

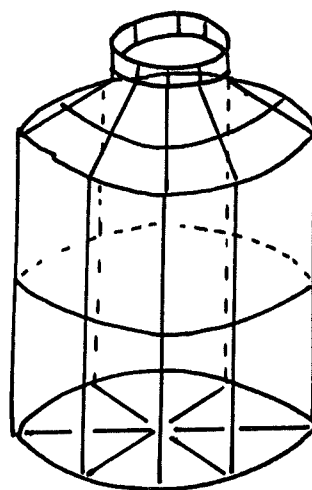


Un moule en planches peut également être construit.

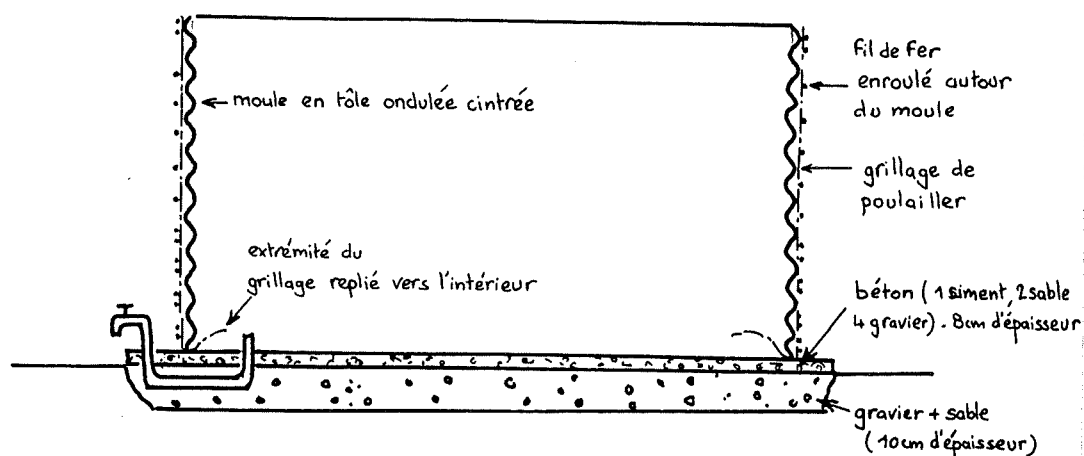
Pour économiser le nombre de planches, on peut tapisser l'ossature de bois avec des nattes.



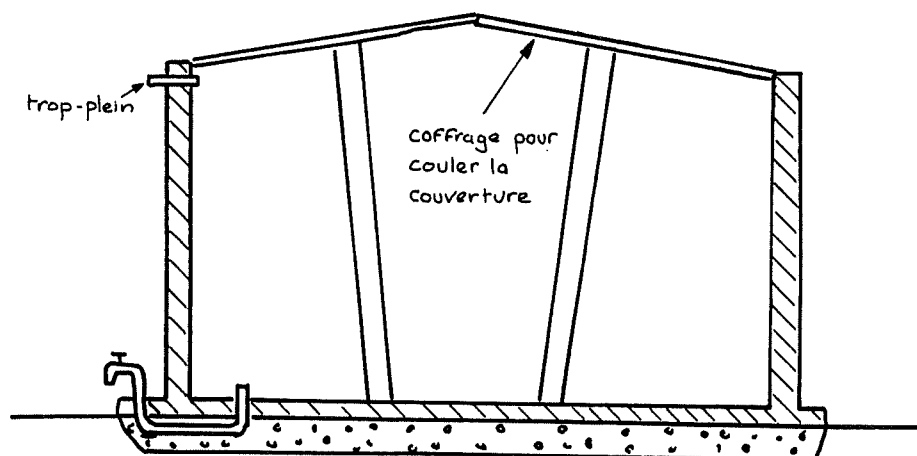
Une ossature en fer à béton permet d'éviter l'utilisation d'un moule. Le ferrailage rend la structure auto-portante et sera inclus dans les enduits comme le grillage. Il renforce sensiblement la résistance de la structure.



462. Modèle 10 m³ avec moule
(Réf. 12, S.B. Watt)



Une couche de grillage est appliquée sur le moule (maille 50 mm, diamètre du fil 1 mm). Un renforcement est obtenu en enroulant du fil de fer galvanisé (Ø 2,5 mm) autour du moule, 2 tours par ondulation dans la partie basse du moule, 1 tour dans la partie haute et 2 tours au sommet à l'ondulation supérieure. Deux enduits sont successivement appliqués de l'extérieur (3 volumes de sable pour 1 volume de ciment) de façon à ce que les fils de fer soient recouverts d'une couche de 15 mm de mortier. Après 24 heures, le moule intérieur est décoffré et un enduit intérieur vient remplir les ondulations.



Un mortier de 5 cm est coulé au sol. Il ne nécessite pas de renforcement si le sol est jugé stable.

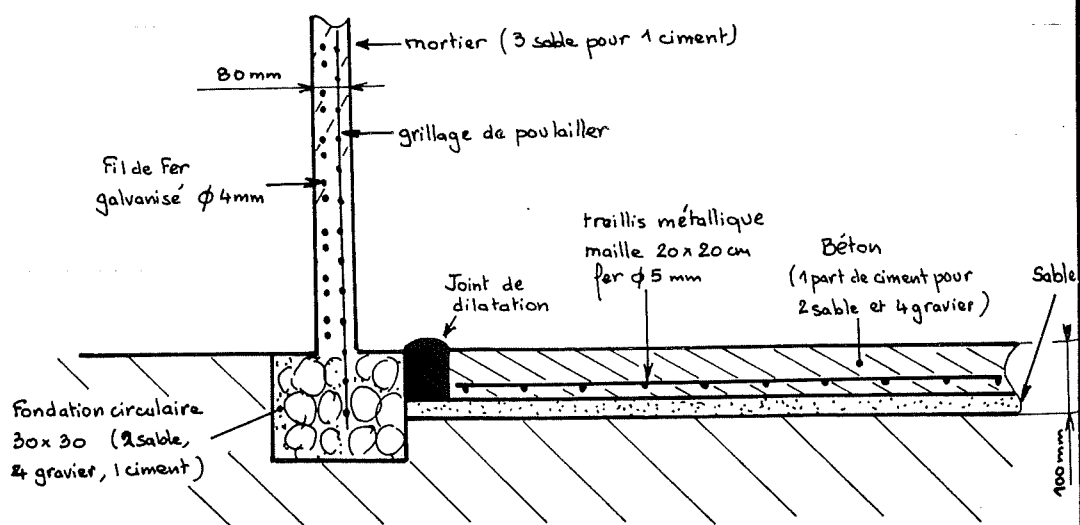
Le coffrage doit être constitué d'éléments suffisamment petits pour pouvoir sortir par la trappe de visite prévue dans la couverture.

463. Modèle de 150 m³

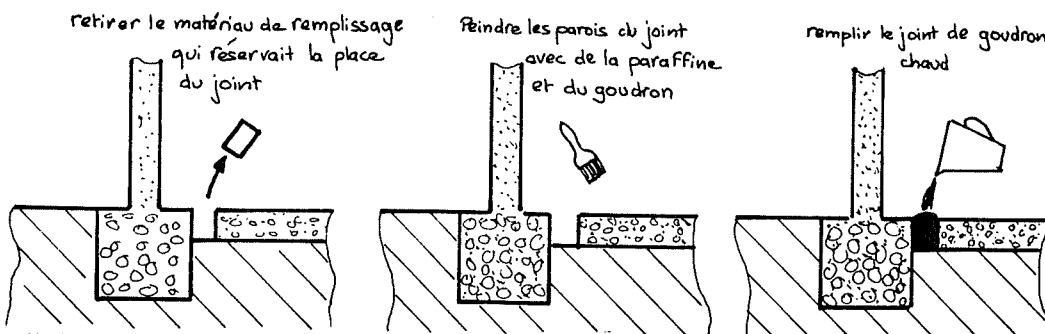
(Réf. 12, S.B. Watt)

Dans le cas d'une citerne de diamètre 10 m et d'une hauteur 2 m, le principe de construction est presque identique, avec une différence importante : un joint de dilatation étanche est prévu entre la base et les parois. Celui-ci est nécessaire pour encaisser les mouvements relatifs entre les 2 parties qui sinon fissureraient la construction.

Vu ses dimensions, cette citerne est à ciel ouvert.



Avant de couler la base, on réserve l'espace du joint de dilatation avec un matériau que l'on pourra extraire facilement (polystyrène expansé, carton ...).



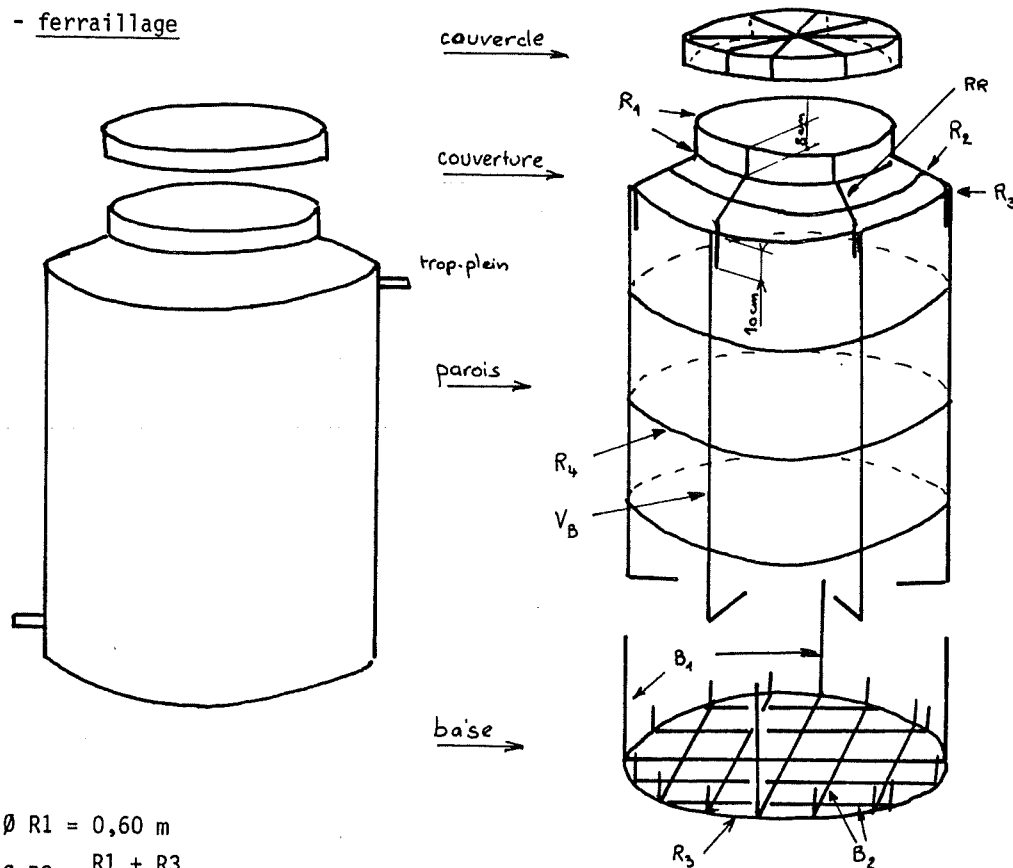
S.B. WATT

464. Modèle IFIC de 0,6 à 10 m³

(Réf. 11 -International ferrocement information center)

L' I.F.I.C. de Bangkok est un institut spécialisé dans l'utilisation du ferro-ciment et a étudié en détail la fabrication de citernes.

- ferrailage



$$\emptyset R1 = 0,60 \text{ m}$$

$$\emptyset R2 = \frac{R1 + R3}{2}$$

$$\emptyset R4 = \text{diamètre intérieur} + \frac{\text{épaisseur de paroi}}{2}$$

$$\emptyset R3 = \text{diamètre intérieur}$$

Les fers B de la base forment un treillis à maille carrée.
Les retours d'équerre verticaux de B1 mesurent 1 m.
Les retours d'équerre verticaux de B2 mesurent 0,15 m.
Les fers V_B ont un retour d'équerre horizontal de 20 cm.

- Pose du grillage

Pour les citernes de moins de 10 m³, deux couches de grillage sont appliquées, une à l'intérieur, l'autre à l'extérieur du squelette métallique (y compris la base et la couverture).

Pour les citernes de 10 m³ et plus, 4 couches sont nécessaires, 2 à l'intérieur et 2 à l'extérieur.

Le grillage utilisé a une maille de 12 mm, gauge 18 ou 20.

- Composition du mortier : 50 kg de ciment
 pour 100 kg de sable
 et 20 l. d'eau

- Application du mortier

De l'extérieur, on applique le mortier à la truelle sur les parois. Pour que l'enduit ne retombe pas de l'autre côté de la paroi, une personne applique une planche de l'intérieur de la citerne en suivant le déplacement de la truelle.

La 1^{ère} couche terminée et durcie, on peut appliquer une couche de finition à l'intérieur et une couche de finition à l'extérieur.

La citerne sera ensuite recouverte de sacs ou de vieilles toiles que l'on aspergera régulièrement pendant au moins une semaine pour que la prise du ciment se fasse dans de bonnes conditions.

- Détails supplémentaires

Le mortier de la base est coulé sur une feuille de plastique pour ne pas être souillé ni desséché par le sol.

On n'oubliera pas d'installer robinet, trop-plein, arrivée de la descente d'eau au cours de la construction.

VOLUME	DIAMETRE interieur	Surface au sol	Hauteur	BASE		PAROIS		COUVERTURE	
				Epaisseur	FERRAILLAGE	Epaisseur	FERRAILLAGE	Epaisseur	FERRAILLAGE
0,6 m ³	0,9 m	0,64 m ²	1,05 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 18,5 cm	2,5 cm	6 x V8 ϕ 6 mm 4 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	6 x RR en ϕ 6 mm 1 x R2 - 2 x R1 1 x R3
1,0 m ³	1,20 m	1,13 m ²	0,89 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20,5 cm	2,5 cm	12 x V8 ϕ 6 mm 4 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	6 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
1,2 m ³	1,20 m	1,13 m ²	1,06 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20,5 cm	2,5 cm	12 x V8 ϕ 6 mm 4 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	6 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
1,5 m ³	1,20 m	1,13 m ²	1,33 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20,5 cm	2,5 cm	12 x V8 ϕ 6 mm 5 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	6 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
2,0 m ³	1,20 m	1,13 m ²	1,80 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20,5 cm	2,5 cm	12 x V8 ϕ 6 mm 6 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	6 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
2,5 m ³	1,20 m	1,13 m ²	2,20 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20,5 cm	2,5 cm	12 x V8 ϕ 6 mm 8 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	6 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
2,5 m ³	1,50 m	1,77 m ²	1,41 m	4 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20 cm	3,0 cm	16 x V8 ϕ 6 mm 6 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	8 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
3,0 m ³	1,50 m	1,77 m ²	1,70 m	4,5 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20 cm	3,0 cm	16 x V8 ϕ 6 mm 8 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	8 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
4,0 m ³	1,50 m	1,77 m ²	2,26 m	4,5 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 6 mm maille de 20 cm	3,0 cm	16 x V8 ϕ 6 mm 8 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	8 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
5,0 m ³	1,70 m	2,27 m ²	2,20 m	4,5 cm	1 x R3 en ϕ 6 mm Treillis en fer B, ϕ 8 mm maille de 22 cm	3,5 cm	16 x V8 ϕ 6 mm 8 x R4 ϕ 6 mm	2,5 cm	8 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 6 mm
5,0 m ³	1,80 m	2,55 m ²	1,97 m	5 cm	1 x R3 en ϕ 8 mm Treillis en fer B, ϕ 8 mm maille de 18,5 cm	3,5 cm	16 x V8 ϕ 8 mm 8 x R4 ϕ 8 mm	2,5 cm	8 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 8 mm
10,0 m ³	2,00 m	3,14 m ²	3,18 m	5 cm	1 x R3 en ϕ 8 mm Treillis en fer B, ϕ 8 mm maille de 18 cm	3,5 cm	20 x V8 ϕ 8 mm 10 x R4 ϕ 8 mm	3,0 cm	10 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 8 mm
10,0 m ³	2,20 m	3,80 m ²	2,53 m	5 cm	1 x R3 en ϕ 8 mm Treillis en fer B, ϕ 8 mm maille de 16 cm	3,5 cm	20 x V8 ϕ 8 mm 10 x R4 ϕ 8 mm	3,0 cm	10 x RR 1 x R2 2 x R1 1 x R3 en ϕ 8 mm

47. CITERNE EN BETON ARME

Ce type de construction nécessite un coffrage ou un moule pour la fabrication des parois.

Il n'est donc économique que pour une construction en série de citernes. Ceci est d'autant plus vrai pour les citernes cylindriques où un moule métallique (tôle cintrée) est préférable.

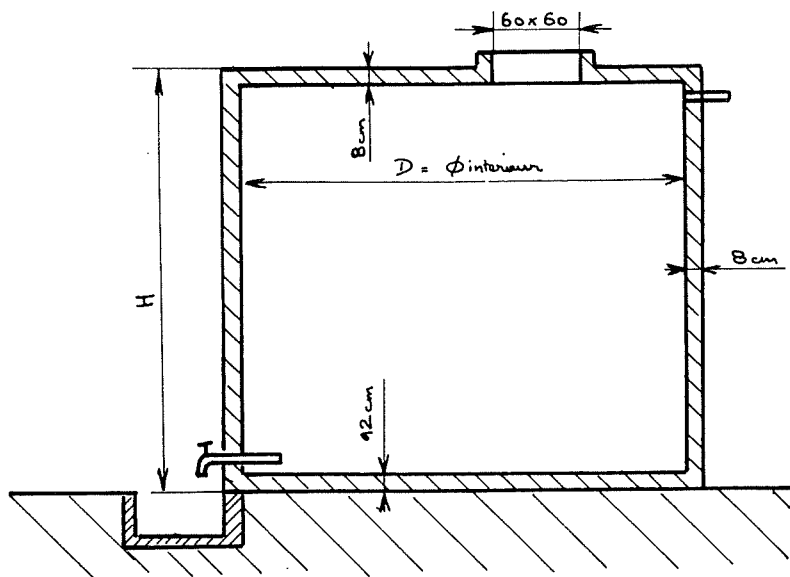
La durée de vie des citernes en béton armé est pratiquement illimitée. Calculée sur le long terme, c'est donc une construction économique même si l'investissement de départ est un peu plus important.

471. Citerne cylindrique

Nous reprendrons ici les indications données par l'ONPR (Office national de promotion rurale de Côte d'Ivoire) pour le calcul des ferraillages.

Les calculs exposés ici considèrent la citerne enterrée, c'est un cas défavorable car ils tiennent compte de la poussée des terres. Ces calculs pourront donc être repris pour les citernes en surélévation qui est un cas plus favorable.

- . dosage en ciment : 250 kg/m³ pour le radier
350 kg/m³ pour les parois et la dalle
- . épaisseur du radier : 12 cm
- . épaisseur des parois et de la dalle : 8 cm
- . fers à béton : acier doux (FE e 22)



FERRAILLAGE

Ferrailage de la dalle
quadrillage
cf tableau pour ϕ
et espacement de la
maille

Ferrailage du
couvrede.
quadrillage avec fers
de $\phi 8$. espacement
de la maille $e = 10\text{cm}$

Ferrailage de renfort
de l'ouverture du
regard de visite
3 fers $\phi 8$, $L = 1,20\text{m}$
sur chaque côté
dans la partie supé-
rieure de la dalle

Fers verticaux de
répartition
cf tableau pour ϕ
et espacement

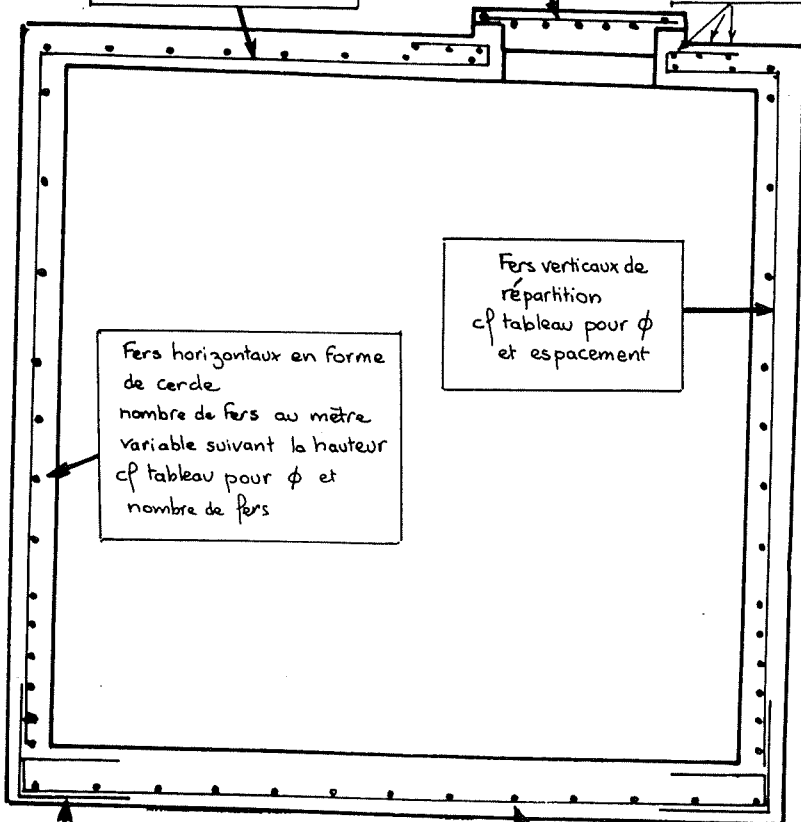
Fers horizontaux en forme
de cerce
nombre de fers au mètre
variable suivant la hauteur
cf tableau pour ϕ et
nombre de fers

A
60cm
V
< 60cm >

même ϕ et même espace-
ment que les fers verticaux
de répartition sur lesquels
ils sont amarrés

Ferrailage du radier
quadrillage cf tableau pour ϕ des fers
et e espacement de la
maille

< 40cm >
7,5cm
forme des fers du radier



Les tableaux suivants donnent les calculs des ferrillages pour des citernes ayant un diamètre intérieur compris entre 2 et 6 m et une hauteur comprise entre 1 et 5 m.

a) ferrillage du radier

hauteur de la citerne	Diamètre int. de la citerne	ϕ du fer à béton	espacement de la maille
1 m	2 m	6 mm	20 cm
	3 m	8 mm	17 cm
	4 m	8 mm	10 cm
	5 m	10 mm	11 cm
	6 m	12 mm	11 cm
2 m	2 m	6 mm	17 cm
	3 m	8 mm	12,5 cm
	4 m	10 mm	12,5 cm
	5 m	12 mm	12,5 cm
	6 m	12 mm	9 cm
3 m	2 m	6 mm	12,5 cm
	3 m	8 mm	11 cm
	4 m	10 mm	11 cm
	5 m	12 mm	11 cm
	6 m	12 mm	8 cm
4 m	2 m	6 mm	11 cm
	3 m	10 mm	14 cm
	4 m	12 mm	12,5 cm
	5 m	12 mm	10 cm
	6 m	12 mm	7 cm
5 m	2 m	8 mm	17 cm
	3 m	10 mm	12,5 cm
	4 m	12 mm	11 cm
	5 m	12 mm	8 cm
	6 m	16 mm	11 cm

b) ferrillage de la dalle

Diamètre int. de la citerne	ϕ du fer à béton	espacement de la maille
2 m	6 mm	25 cm
3 m	6 mm	17 cm
4 m	8 mm	17 cm
5 m	8 mm	10 cm
6 m	10 mm	11 cm

Construction de citernes

c) ferraillage horizontal des parois

Le ferraillage devient plus dense avec la profondeur de la citerne. La citerne est divisée par tranches d'un mètre et on calculera le ferraillage nécessaire pour chaque tranche. Par exemple, pour une citerne de 4 m de haut, on calculera successivement le ferraillage de la partie supérieure (zone de 0 à 1 m), des parties intermédiaires (zone de 1 à 2 m et 2 à 3 m) puis de la partie basse de la paroi (zone de 3 à 4 m).

profondeur de la Zone considérée (mesurée à partir du haut)	Diamètre int. de la citerne	Ø du fer à béton	Nombre de fers par mètre
de 0 à 1 m	2 m	8 mm	1
	3 m	8 mm	2
	4 m	8 mm	2
	5 m	8 mm	2
	6 m	8 mm	3
de 1 à 2 m	2 m	8 mm	3
	3 m	8 mm	4
	4 m	8 mm	5
	5 m	8 mm	6
	6 m	8 mm	6
de 2 à 3 m	2 m	8 mm	4
	3 m	8 mm	6
	4 m	8 mm	8
	5 m	8 mm	10
	6 m	8 mm	9
de 3 à 4 m	2 m	8 mm	6
	3 m	8 mm	9
	4 m	10 mm	9
	5 m	12 mm	8
	6 m	12 mm	10
de 4 à 5 m	2 m	8 mm	8
	3 m	10 mm	8
	4 m	12 mm	8
	5 m	14 mm	8
	6 m	14 mm	10

d) fers verticaux de répartition (parois)

Hauteur de la citerne	ϕ du fer à béton	espacement entre 2 barres
1 m	6 mm	25 cm
2 m	6 mm	20 cm
3 m	8 mm	15 cm
4 m	8 mm	12,5 cm
5 m	8 mm	10 cm

472. Citerne rectangulaire

(cf. réf. 13)

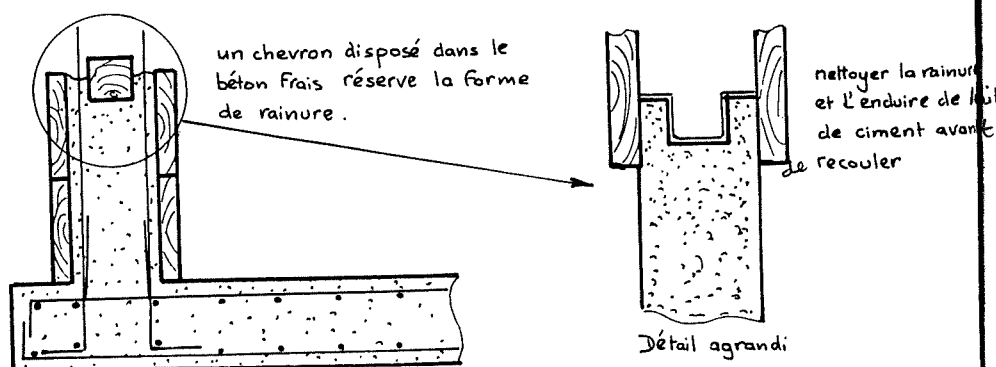
Le principal avantage d'une citerne rectangulaire en béton armé est la facilité de construction du moule. Celui-ci peut être confectionné en planches.

Nous ne reprendrons pas ici les calculs de ferrailage. Ceux-ci seront calculés en tenant compte de la pression statique de l'eau, du poids propre de la structure.

Dans les régions où les écarts de température (diurnes ou saisonniers) sont importants, il y a lieu de renforcer le ferrailage qui doit supporter les effets de la dilatation. Le choix de l'emplacement de la citerne (à l'ombre ou en plein soleil) est donc important.

Le coulage des parois de la citerne ne peut souvent être fait en une seule fois (par manque de bois de coffrage, manque de main d'oeuvre ou socle de la citerne encore frais ne pouvant supporter le poids intégral des parois).

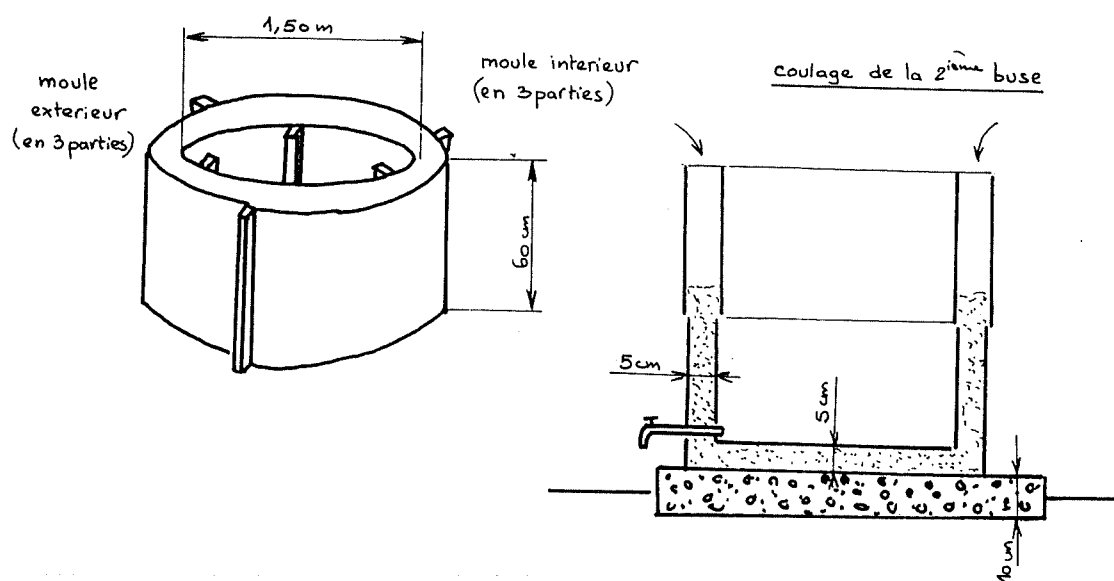
Dans ce cas pour assurer l'étanchéité de la reprise, on procèdera comme le conseille Henk Kreijne.



48. CITERNES EN BUSES DE BETON NON ARME

(Réf. 25 et 22)

Une méthode, mentionnée par S. Watt, est utilisée dans des écoles thaïlandaises. Elle consiste à empiler des buses de béton sans aucune armature métallique. Ces buses sont achetées ou sont fabriquées sur place et dans ce cas, coulées l'une sur l'autre de façon à élever la citerne.



Une base de fondation de 10 cm est préparée séparément. Une couche de mortier de 5 cm d'épaisseur est coulée sur la base durcie juste avant de couler la 1ère buse.

La composition du béton est de 1 ciment pour 2 sable et 3 gravier.

Une grande attention sera portée au dosage et au malaxage du béton, car le béton, n'étant pas armé, doit être de très bonne qualité.

On attendra une journée entre le coulage de chaque buse. On ne dépassera pas le nombre de 4 buses empilées car le béton ne supporterait pas une trop forte pression d'eau.

Un enduit intérieur est appliqué pour l'étanchéité (1 ciment pour 3 sable).

Les citernes sont très bon marché surtout si les moules sont amortis sur une grande série de construction.

49. CITERNE EN BAMBOU-CIMENT

(Réf. 84, 70)

L'utilisation du bambou comme substitut au grillage pour le renforcement du mortier est une pratique récente. Elle semble avoir démarré en 1979 en Indonésie dans le projet de Yayasan Dian Desa. Nous nous appuyerons essentiellement sur leur expérience qui est la plus ancienne. Une natte de lanières de bambou tressées sert d'armature. Enduite de mortier sur les deux faces, la paroi atteint une épaisseur de 3 à 4 cm. La natte de bambou sert donc de support aux enduits et évite l'utilisation de moule.

Le bambou a également une très bonne résistance à la traction et permet donc d'encaisser ces efforts que ne peut supporter le mortier seul. Cependant cette reprise des efforts est gênée par le fait suivant : les fibres de bambou accrochent très mal dans la matrice de mortier. Si sous des efforts importants la paroi craque, les baguettes de bambou ne se briseront pas, car elles sont très résistantes mais elles risquent de glisser et sortir de la gaine de mortier dans laquelle elles sont incluses.

On comprend donc que cette technique ne peut être intéressante que si elle arrive à assurer un très bon accrochage entre le bambou et le mortier qui l'insère.

Les nattes tressées utilisées pour les parois cylindriques améliorent grandement l'accrochage, les lanières de trame passant successivement dessus et dessous des lanières transversales, prennent une forme ondulée. Si elles sont suffisamment longues, elles font le tour de la citerne et constituent des cerclages.

La technique du bambou-ciment s'est vulgarisée depuis quelques années, mais elle n'a pas toujours été bien appliquée. Face aux difficultés qu'ils rencontraient, les utilisateurs ont augmenté l'épaisseur des parois jusqu'à 8 à 10 cm. Le bambou devient alors inutile, les efforts peuvent alors être repris intégralement par l'épaisse couche de béton de la paroi.

Dans l'état actuel des connaissances sur ce matériau, deux précautions doivent être prises :

- un contrôle très strict de toutes les étapes de fabrication doit être assuré
- se limiter à la construction de citernes de moins de 5 m³.

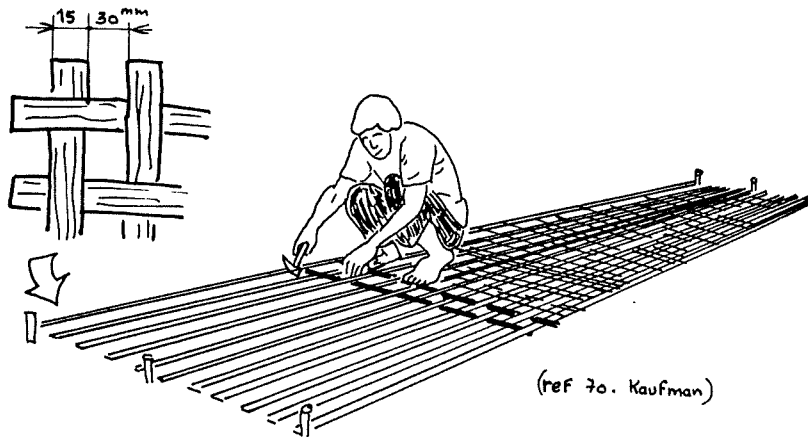
Préparation du bambou

Le bambou utilisé en Indonésie est le *Gigantochloa apus* ou le *G. bolong*. Le bambou doit avoir au minimum 2 ans. Une fois coupé, il est séché durant 2 à 3 jours, pas plus de façon à ce qu'il reste flexible.

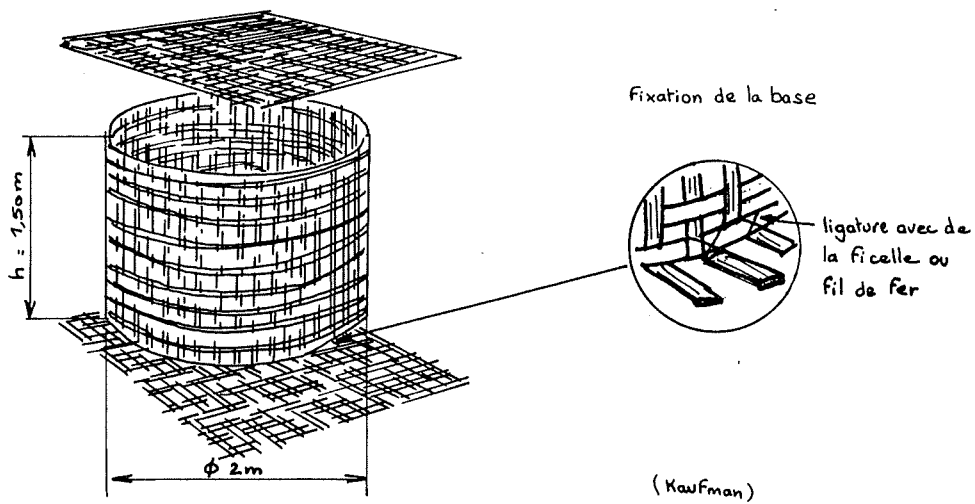
Le bambou a une écorce extérieure plus dure, l'intérieur étant plus pulpeux. C'est cette écorce extérieure que l'on va utiliser en découpant des bandes de 2 cm de large sur 2 mm d'épaisseur.

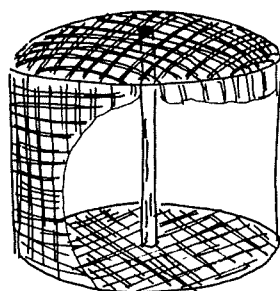
Si on utilise du bambou trop jeune, il se rétractera au sein du mortier et n'aura plus d'accrochage suffisant avec celui-ci.

Tressage des nattes de bambous

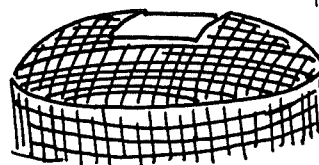


Assemblage des nattes





poteau de coffrage central
pour donner une forme bombée à
la couverture



découpe de l'armature de bambou
pour la trappe de visite

(Kaufman)

Fondation

Au sol, sur une surface préparée et tapissée de plastique ou de papier de sacs de ciment on coule un mortier de 2,5 cm d'épaisseur (1 part de ciment, 2 parts de sable, 0,4 part d'eau en poids). On pose l'ossature de bambou sur la fondation. On recouvre, cette fois-ci de l'intérieur, le fond de la citerne d'environ 2,5 cm de mortier en s'assurant que le mortier pénètre bien et remplisse toute les fentes du tressage du bambou.

Enduits des parois

On commencera par l'enduit intérieur. L'ossature de bambou sera enveloppée de l'extérieur par des nattes flexibles à tressage serré. Ceci permettra d'enduire de l'intérieur sans que le mortier ne s'échappe par les mailles du bambou tressé.

Deux couches successives sont appliquées, d'une épaisseur totale de 2 cm. Terminer par une couche de peinture au lait de ciment pur.

On retire les nattes qui enveloppaient le cylindre pour enduire l'extérieur d'une couche de 2 cm.

La couverture

Un coffrage est confectionné avec des poteaux ou piquets, planches ou nattes.

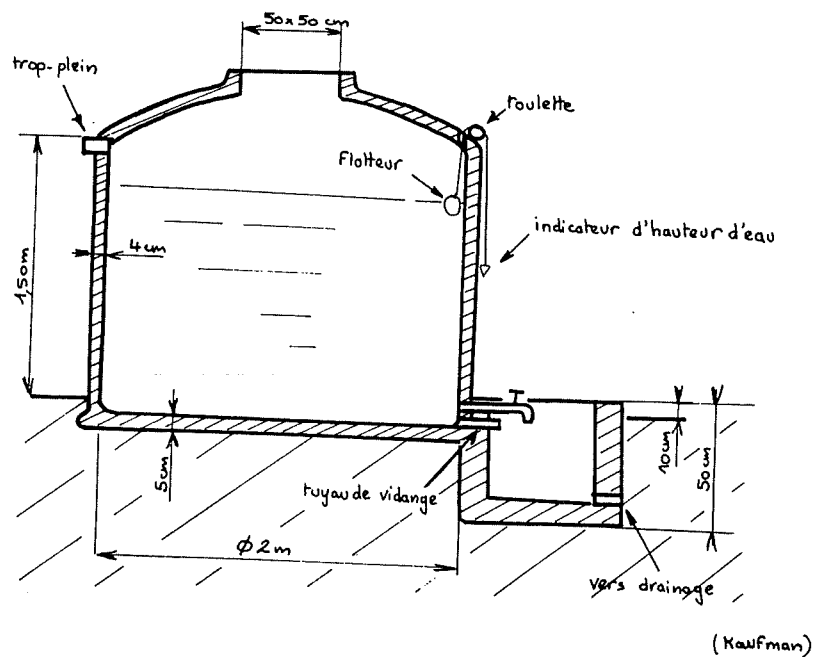
Des petites cales placées entre le coffrage et l'ossature de bambou permettront, en enduisant de l'extérieur, de commencer à remplir sous le tressage.

Un moule en bois permettra de coffrer la bouche de la trappe de visite.

Après 3 à 4 jours, on peut décoffrer le plafond et terminer l'enduit de l'intérieur.

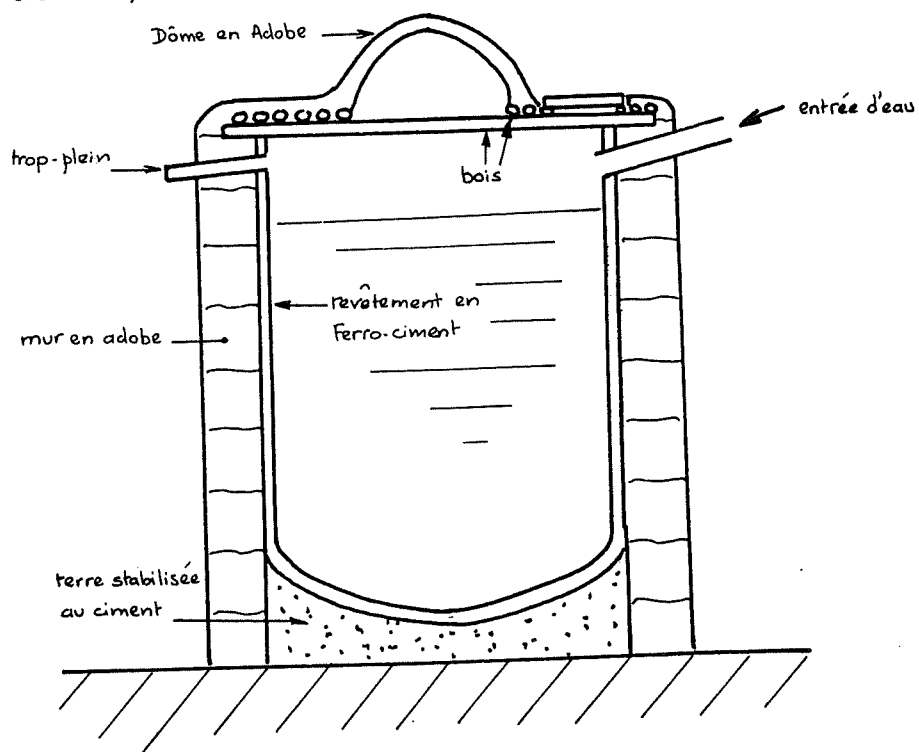
On remplira le fond de la citerne de 10 cm d'eau pour maintenir un degré d'humidité suffisant à l'intérieur. La citerne sera protégée du dessèchement pendant une dizaine de jours : arrosages réguliers, couverture de vieux sacs.

N.B. Bien vérifier que l'armature de bambou a été recouverte entièrement par le mortier. Il suffit d'un seul point exposé pour que les termites pénètrent en rongant le bambou de l'intérieur.



4.10 CITERNE EN ADOBE ET REVETEMENT DE CIMENT

(Réf. 12, S.B. Watt)



Au Mali, les Dogons construisent traditionnellement des silos à grain en adobe (briques de terre crue séchées au soleil).

Ces silos peuvent être transformés facilement en citerne en appliquant un revêtement de mortier renforcé de grillage sur les parois intérieures. Le fond est également consolidé par un mélange terre-ciment avec des coins bien arrondis. Après application des enduits, le silo est recouvert d'une feuille de plastique, tout en laissant un seau plein d'eau à l'intérieur pour garantir une humidité suffisante durant toute la durée de prise et de cure du mortier.

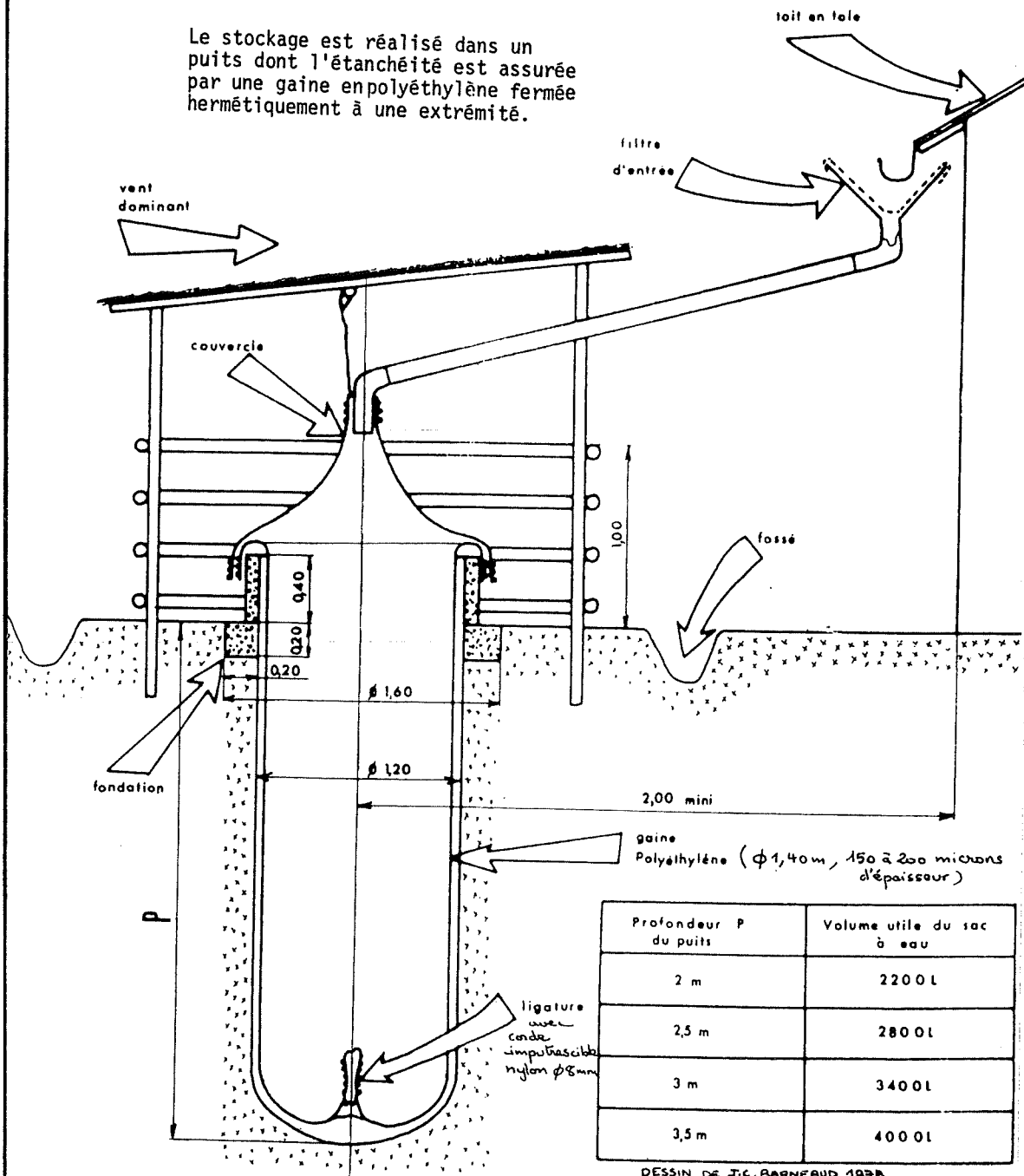
La couverture traditionnelle peut être améliorée (dalle en béton armé ou dôme en ferro-ciment).

4.11. CITERNES AVEC MATERIAUX PLASTIQUES

4.11.1. Le sac à eau

(Réf. 83 - IRFED)

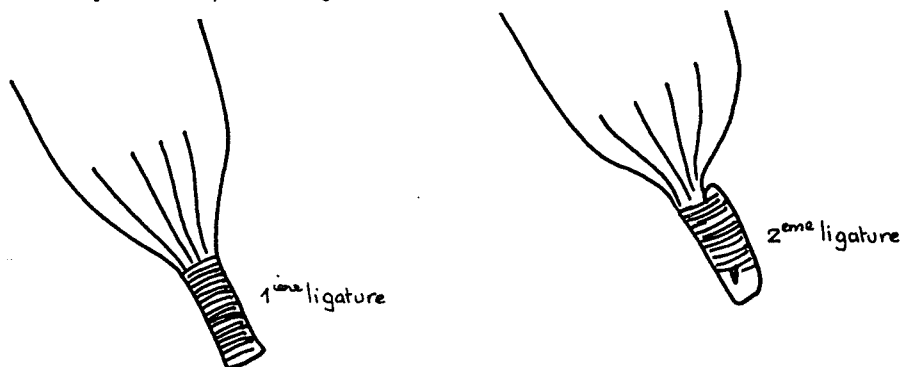
Le stockage est réalisé dans un puits dont l'étanchéité est assurée par une gaine en polyéthylène fermée hermétiquement à une extrémité.



Etapas de construction

- tracer sur le sol deux cercles concentriques de 0,60 et 0,80 m de rayon
- creuser une tranchée annuaire de 20 cm de profondeur entre ces deux cercles. La tranchée est remplie d'un béton maigre.
- Creuser un trou cylindrique à l'intérieur de cette fondation annuaire en coupant les racines, en régularisant les bords et en enlevant tout caillou pointu.
- Un crépi de banco corrige les défauts importants de la paroi.
- Le fond est taillé en ogive et garni de sable.
- Une margelle est réalisée en parpaings (\varnothing extérieur n'excède pas 1,35 m pour pouvoir replier la gaine autour).
- Un abri de protection (contre la divagation des animaux et les intempéries) est souhaitable.
- ligature du fond du sac :

On utilise la corde nylon : une première ligature sur 30 cm, replier vers le haut, ligaturer à nouveau sur 30 cm, retourner la gaine de façon à ce que la ligature se trouve à l'intérieur.



Le sac à eau n'a pas eu la diffusion attendue pour deux raisons :

- . le prix du plastique a sensiblement augmenté depuis le choc pétrolier
- . sa durée de vie est très limitée (1 à 2 ans), détérioration naturelle du polyéthylène, choc du seau de puisage sur la paroi, percement du plastique par des rongeurs. C'est un matériau trop fragile pour les conditions de vie en milieu rural. Cependant le sac à eau peut dans certains cas apporter une réponse rapide à un besoin en eau urgent et temporaire.

4.11.2. Bassin type "Botswana"

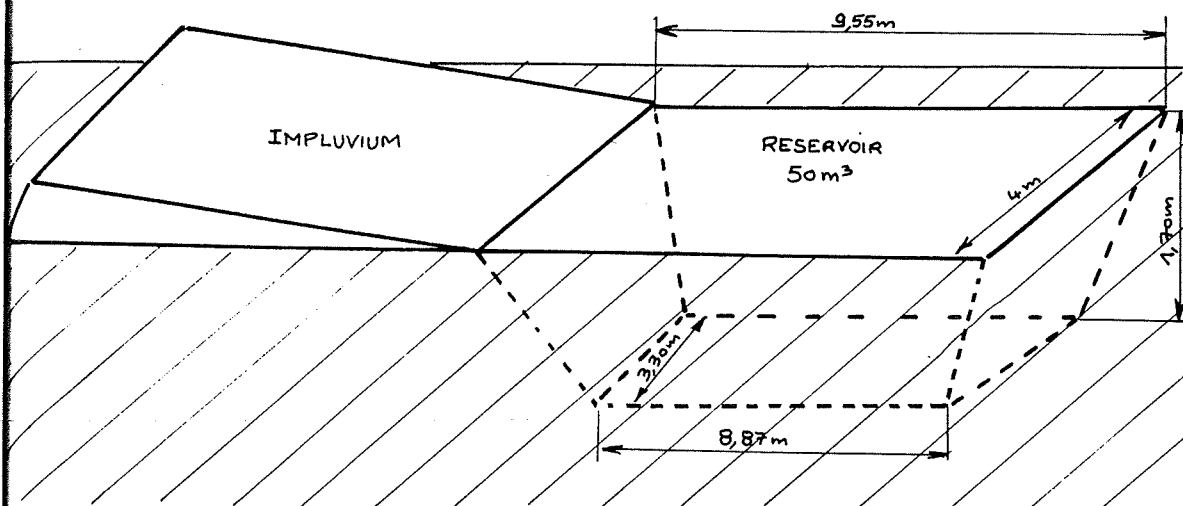
(cf. Réf. 27 CIEPAC et documentation ITDG)

Cette méthode mise au point par le bureau DOXIADIS et utilisée par ITDG au BOTSWANA et au SOUDAN n'est actuellement plus utilisée.

Elle s'est avérée peu fiable, les feuilles de polyéthylène assurant l'étanchéité peuvent se percer facilement et la réparation est difficile.

D'autre part le prix du polyéthylène s'étant accru considérablement au cours de la dernière décennie, elle a perdu son intérêt premier qui était son faible coût.

Nous citons néanmoins cette méthode car elle est le fruit de beaucoup d'ingéniosité, et qui sait, elle pourra peut être inspirer d'autres inventions.



C'est un réservoir enterré, pour le stockage d'eau destinée à des usages agricoles ou artisanaux (pas pour l'eau de boisson!). Il peut être alimenté par une toiture ou par un impluvium construit à cet effet.

Nous étudierons ici un réservoir de 50 m³ alimenté par un impluvium.

Calculs préliminaires :

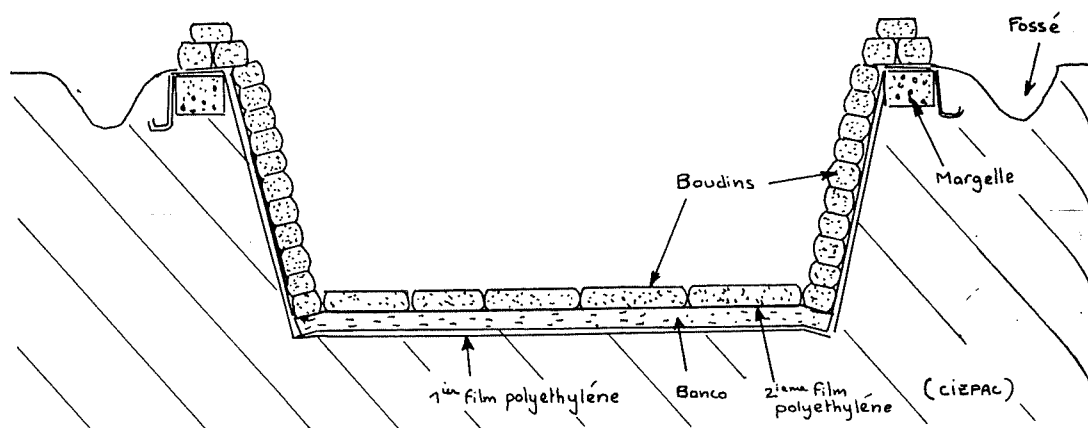
Le calcul de la surface de l'impluvium se fera suivant les indications du chapitre 2.

On tiendra compte également de l'évaporation qui n'est pas négligeable dans les pays chauds (5 à 10 mm d'hauteur d'eau par jour). La surface du bassin est à inclure dans la surface de l'impluvium.

Impluvium

L'impluvium est construit avec les déblais du réservoir, une pente de 10 % permet un bon écoulement des eaux vers le bassin. Les terres de l'impluvium sont convenablement compactées et planées.

Le revêtement peut être fait avec un béton de terre (5 volumes de terre pour 1 ciment) de 4 cm d'épaisseur, avec un enduit de ciment pour la finition. Il peut également être fait avec une feuille de plastique maintenue par des pierres contre les effets du vent.

Bassin

Après la fouille, on dispose successivement :

- . 1 première couche de film polyéthylène de 200 microns d'épaisseur de préférence traité anti ultra-violet
- . une couche de banco compacté dans le fond (5 cm)
- . une deuxième feuille de polyéthylène
- . pose des boudins.

Les boudins sont réalisés à partir de gaine en polyéthylène coupée et soudée, de 80 microns d'épaisseur pour une largeur à plat de 14 cm.

Les sachets ainsi formés ont un \varnothing de 9 cm et une longueur de 70 cm (60 cm effectifs en tenant compte de la ligature).

Les boudins sont remplis d'un mélange ciment/sable (dosage 1/10^e). Les boudins sont percés de 20 petits trous sur une face. Les boudins sont trempés 2 mn dans l'eau avant leur pose. Pour les parois, les boudins sont liés entre eux avec du fil de fer galvanisé (7/10^e mm) tous les mètres.

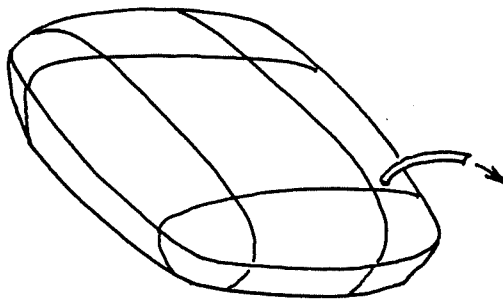
Une clôture protège l'ensemble du bassin et impluvium contre la divagation des animaux.

Un fossé de contour permet l'évacuation des eaux de ruissellement.

4.11.3. Autres matériaux plastiques

D'autres matériaux plastiques beaucoup plus résistants peuvent être utilisés pour la collecte et le stockage d'eau tel le butyl en membrane flexible. Il se répare facilement et a une durée de vie beaucoup plus longue que le polyéthylène et le vinyl. Son coût est cependant élevé.

Des firmes proposent des réservoirs souples pour eau potable de 3 à 100 m³ en forme de gros coussins gonflables. Les membranes sont réalisées à partir de tissus polyesterés enduits de néoprène.

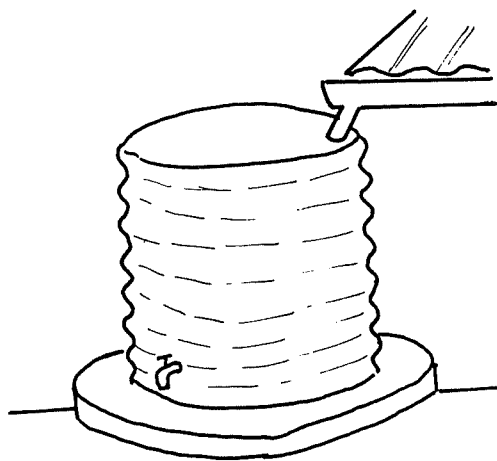


Ces réservoirs sont repliables pour le transport.

Le prix de tels réservoirs est très élevé par rapport à une construction locale.

Les réservoirs rigides en fibre de verre et résine deviennent de plus en plus courants. Légers, ils ont le désavantage d'être fragiles et demandent à être protégés.

4.12. CITERNE EN TOLE ONDULEE GALVANISEE (Réf. 32)



Les citernes surélevées peuvent atteindre des capacités de 10 m³. Les tôles sont assemblées par rivetage ou par une soudure appropriée, ce qui nécessite des artisans qualifiés et un peu d'équipement.

Les tôles doivent être roulées avec une machine spéciale. Le faire manuellement demande du savoir-faire.

Le gros inconvénient de ce matériau est la rouille. Il faut donc contrôler régulièrement les tôles.

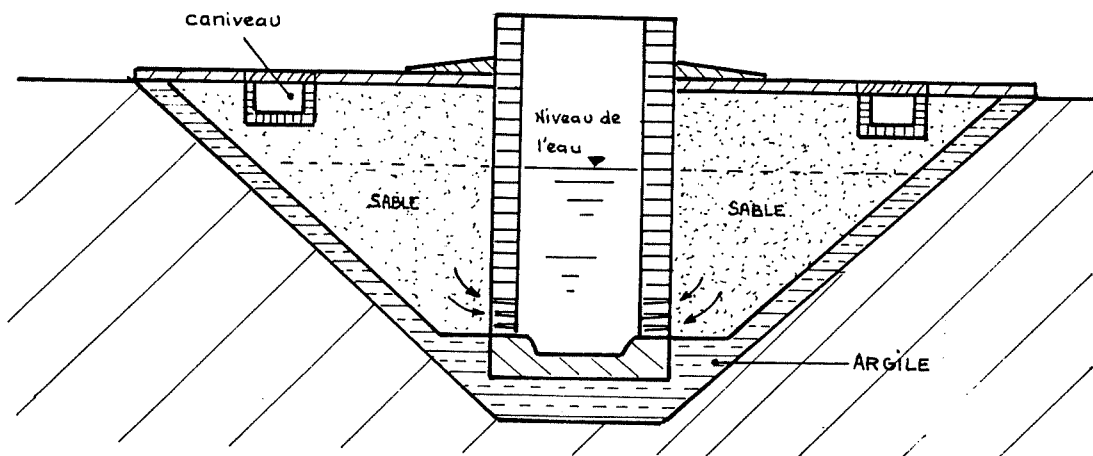
Dans les régions côtières, l'air est très corrosif. Ce type de citerne ne résiste alors pas plus de 3 ou 4 ans...

4.13. CITERNE VENITIENNE

(Réf. 82, 78, 37)

Ce type de construction que l'on utilisait à Venise est fort intéressant ; c'est en fait une citerne-filtre à sable.

On commence à creuser en terre une grande cavité de forme tronconique ou tronc pyramidal. Puis sur les parois du trou, on applique un revêtement d'argile épais d'une trentaine de centimètres, en commençant par le fond et en procédant par addition de boules d'argile pétrie, serrées les unes contre les autres, la masse étant finalement bien battue.



La dalle inférieure reçoit ensuite une dalle à cavité arrondie (pierre dure ou béton) capable de résister aux chocs répétés des seaux et dont le pourtour sert de fondation pour élever un mur.

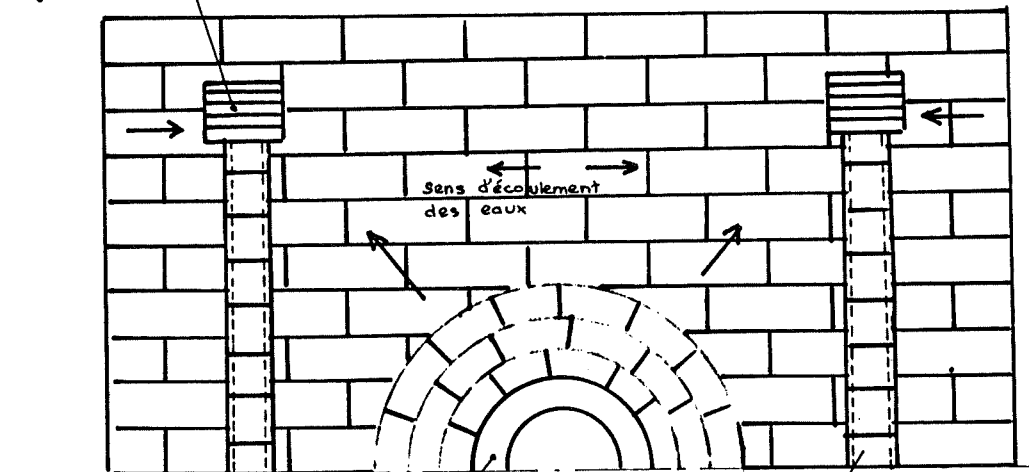
Ce mur circulaire qui s'élève jusqu'au dessus du sol pour former la margelle, se construit en briques pleines. Celles du bas sont percées de trous coniques pour le passage de l'eau.

On monte ce mur en même temps que le revêtement d'argile des talus par assise de 30 cm de haut. Avant de passer à l'assise suivante on tasse, entre le mur du puits central et les talus, une couche de sable bien lavé.

Avant d'établir le dallage du sol, on dispose à chacun des angles de la pyramide un regard où pourront pénétrer les eaux de ruissellement.

Vue de dessus de la citerne vénitienne

regard recouvert d'une grille en fonte

Vue de dessus (demie vue)

margelle

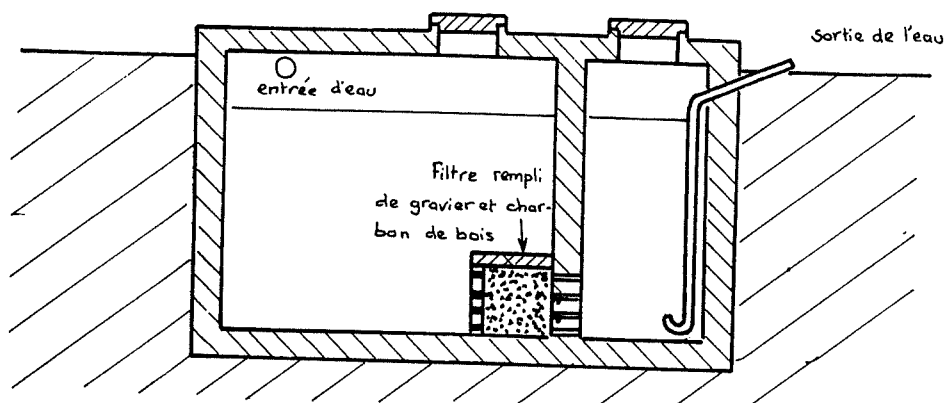
Caniveau reliant les regards, construit
en briques assemblées à sec pour laisser filtrer
l'eau à travers les joints

Vingt kilos de charbon de bois concassé (pour une citerne contenant 20 m³ d'eau) sont répandus dans les caniveaux pour le filtrage.

L'eau de ruissellement transite ensuite par l'épaisse couche de sable, pénètre dans le puits par le fond où elle peut être puisée au seau.

Basé sur le principe du filtre à sable lent, cette citerne peut purifier bactériologiquement l'eau. Attention cependant, car une recontamination est toujours possible par le puits si les récipients ne sont pas propres.

4.14. CITERNE ALLEMANDE
(Réf. 24, IRC)



C'est une citerne à 2 chambres. L'eau se déverse dans le premier compartiment où elle se sédimente. Pour transiter dans le deuxième compartiment, elle doit traverser un filtre. Le contenu du filtre est changé tous les 4 à 6 ans lorsqu'il est bouché par les impuretés. Ceci doit se faire lorsque la citerne est sèche.

5. L'ETANCHEITE

L'étanchéité de la citerne mérite bien un chapitre car c'est finalement la première qualité que l'on exige d'elle.

C'est avec anxiété que l'on observe le premier remplissage de la citerne, avec l'appréhension de voir apparaître une fuite. Beaucoup de déconvenues peuvent être évitées en observant quelques principes simples.

51. CONFECTION DU BETON

Une citerne en béton armé peut être étanche sans revêtement ou enduit supplémentaire.

La granulométrie du béton doit être bien équilibrée, de façon à ce que les agrégats fins remplissent les interstices existant entre les agrégats de plus grosse taille. Cela donne un béton compact sans vides ou presque.

Lors du mélange, la quantité d'eau doit être bien mesurée (plutôt moins que trop). Un béton un peu sec sera plus étanche qu'un béton liquide.

52. CHOIX DU SABLE

Dans certains pays, les maçons préfèrent utiliser des sables un peu gras pour les enduits, ils y mélangent parfois de la terre limoneuse pour le rendre plus plastique et plus facile à travailler. Cela est bien sûr à proscrire. Le sable doit être parfaitement pur et de préférence "sec". Il doit crisser lorsque l'on marche dessus.

53. CONFECTION D'ENDUITS AU CIMENT

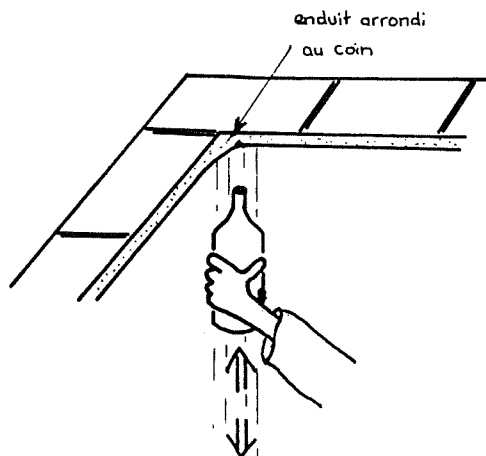
La surface d'application doit être piquetée si elle est trop lisse; les joints sont dégradés s'ils ont été lissés.

Brosser le mur s'il est sale. Arroser abondamment, laisser ressuyer puis gobeter (c'est à dire projeter sur le mur un mélange ciment-sable riche et très liquide, il va donner à la surface un aspect granuleux propre à l'accrochage des enduits, le gobetis n'a que 1 à 2 mm d'épaisseur).

Pour obtenir une bonne étanchéité durable, il faut une épaisseur de 2,5 cm environ : deux couches de 1 cm et une couche de finition de 5 mm.

On laissera 24 h entre chaque couche en essayant de faire chaque couche d'une seule traite (surtout pour la couche de finition). Dosage de l'enduit : 100 litres de sable pour 50 kgs de ciment.

Pour la couche de finition, le sable sera tamisé. L'enduit est dressé à la règle puis lorsqu'il le supporte, talocher d'un mouvement circulaire en remontant. Le lisser à la truelle, cela resserre les grains de sable et rend le mortier plus étanche.



Les angles ne seront pas fait d'équerre mais avec un bel arrondi. On obtient de belles gorges dans les coins en utilisant le corps d'une bouteille pour lisser.

Les angles de la paroi et du radier sont également faits en arrondi.

N.B.

Tous les enduits doivent être fait à l'ombre. Prévoir une bâche, des feuilles, ou des sacs pour couvrir la citerne lorsque l'on exécute les enduits. Les arroser régulièrement s'ils se dessèchent. Un dessèchement de l'enduit au cours de la prise provoque des fissures.

54. REPARATION D'UN ENDUIT

Si on a décelé une fuite, repiqueter l'enduit avant de la réparer. On peut utiliser du grillage (méthode ferro-ciment) pour réparer des angles.

55. ENDUIT A BASE DE CHAUX

La chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ est un peu soluble dans l'eau. Après la construction de la citerne, il faut la laisser vide quelques mois pour que les enduits deviennent carbonatés et durcissent au contact du gaz carbonique de l'air = $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

56. ADJUVANTS AU BETON OU MORTIER

Il existe des produits commercialisés (marque SIKA, LANCO ou autres ...) en poudre ou en liquide que l'on incorpore au béton ou au mortier lors du gâchage. Ces produits abaissent la capillarité du béton et augmentent son étanchéité.

Ils ne sont pas vraiment nécessaires, un enduit effectué correctement sera étanche sans adjuvant.

D'autre part, un enduit mal effectué donnera des problèmes de fuite même s'il contient un adjuvant hydrofuge. Ces produits sont d'autre part assez chers.

Il existe des adjuvants moins chers. Mr. Venuat (Réf 53) cite un maçon flamand du début du siècle qui gardait jalousement le secret d'un mortier étanche qu'il confectionnait. Cet enduit était constitué par un mélange de sable, de ciment et d'eau dans lequel était incorporé du sang frais d'animal. En URSS, Mr. Venuat a également vu en 1970 ajouter du sang en poudre dans le béton comme entraîneur d'air.

57. REVETEMENT DE SURFACE

Beaucoup de recettes de peintures de surface ont été développées pour étanchéifier les enduits :

- la plus simple : un badigeon de lait de ciment (eau plus ciment)
- une plus complexe (Réf. 14) : une solution composée à 73 % d'eau, 26 % de chlorure de calcium et 1 % de silicate de sodium est préparée.

On mélange un litre de cette solution avec 2 litres d'eau et 6 kgs de ciment. On applique 3 couches de ce mélange au pinceau sur les parois à étanchéifier.

- une plus ancienne (Réf. 37) : *"on couvre les parois de la citerne d'une couche fine de paraffine fondue que l'on y fait pénétrer ensuite en y passant un fer chaud ou en les exposant au feu d'une lampe à souder. Ce procédé a en plus l'avantage de rendre le mortier inattaquable par l'eau et d'assurer sa conservation"*.

58. GRANDS RESERVOIRS

Pour les bassins de grande surface soumis à des variations de température, l'installation de joints de dilatation est obligatoire sous peine de voir les enduits du radier se fendre (cf. chapitre 463).

6. QUALITE DE L'EAU ET AMENAGEMENTS

61. GENERALITES

L'eau de citerne est-elle propre à la boisson ? La qualité de l'eau se décide, pour une grande part, dès la construction de la citerne. Une citerne bien conçue, assurée d'un entretien régulier, a toutes les chances de fournir une eau d'excellente qualité.

Ceci a été prouvé plus par l'expérience que par les analyses qui ont jusqu'à maintenant été assez rares.

Le Département de la Santé des Bermudes (Réf. 79, Waller) considère que la qualité de l'eau de pluie stockée en citerne est correcte "si la citerne est convenablement installée et entretenue. Depuis 3 siècles que l'eau de pluie est utilisée, il n'y a pas eu d'enregistrement de cas de maladie qui ont pu lui être attribuée ni par les habitants ni par les visiteurs ou touristes".

Ceci ne prouve pas que les risques de contamination n'existent pas, au contraire, ils sont nombreux, mais ils peuvent être en très grande partie évités en prenant un certain nombre de précautions.

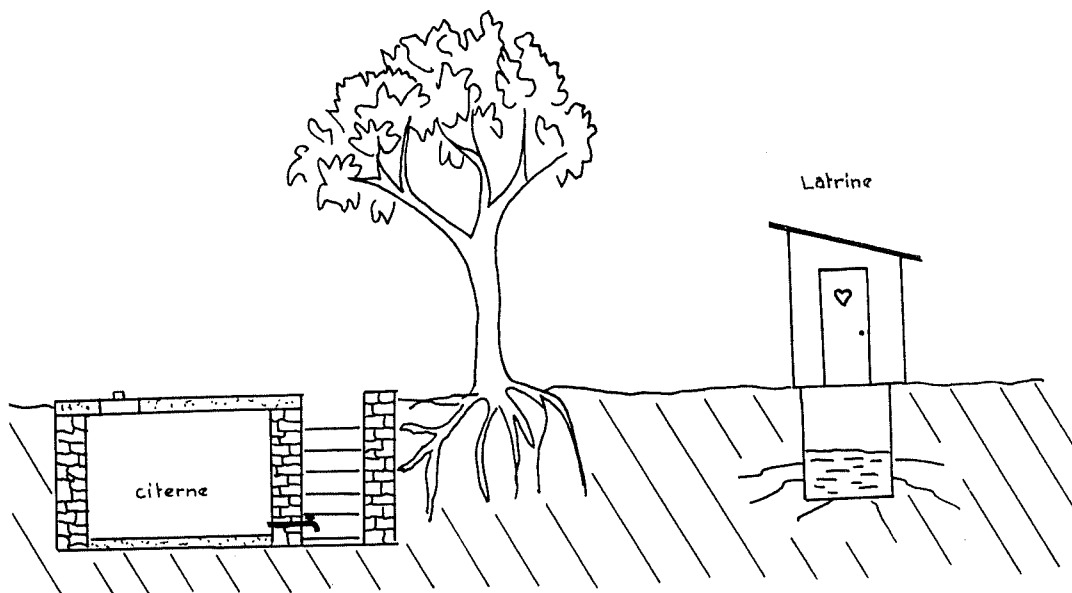
Le choix d'un approvisionnement en eau par recueil de pluies dans les citernes doit être un choix comparatif. L'eau peut être porteuse de nombreuses maladies : choléra, typhoïde, amibiases, dysenteries, diarrhées infantiles etc ...

D'après une étude de l'OMS (Réf. 68) portant sur 71 pays du Tiers-Monde, seuls 22 % de la population en milieu rural avait un accès facile à de l'eau de qualité en 1975. C'est à dire que la très grande majorité doit se contenter d'eau peu sûre, ce qui entraîne des taux de mortalité infantile extrêmement élevés.

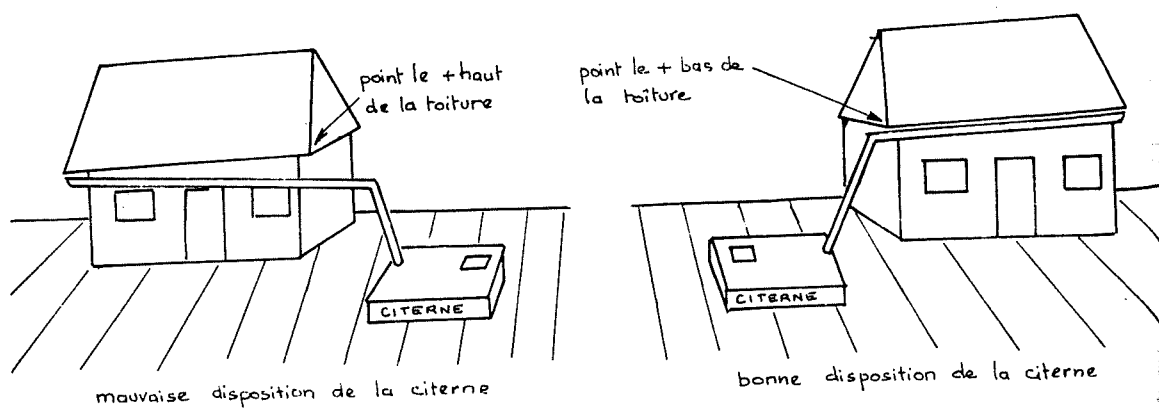
Pour les points d'eau collectifs (puits, sources, marigots), les risques de contamination et d'épidémie sont d'autant plus élevés que le nombre d'utilisateurs augmente. Dans le cas de citernes individuelles, ces risques sont très limités vu le faible nombre d'utilisateurs. Le bien fondé de la construction d'une citerne se juge par rapport à la situation existante : y a-t-il pénurie d'eau ou approvisionnement en eau de mauvaise qualité dans la région, quelles en sont les conséquences ? La construction de citernes avec ses risques inhérents représentera-t-elle une amélioration par rapport à la situation antérieure ?

Période de contamination	RISQUES	SOLUTIONS OU OBSERVATIONS
lors de la chute de la pluie	<ul style="list-style-type: none"> Eau de pluie est très pauvre en sels minéraux L'eau de pluie dissout de l'oxygène et du gaz carbonique de l'air (CO₂). Ce dernier rend l'eau légèrement acide par formation d'acide carbonique L'eau se charge des matières toxiques emportées par l'air (zones industrielles ou volcaniques) 	<ul style="list-style-type: none"> d'autres sources de sels minéraux doivent être trouvées dans l'alimentation peu important (excepté parfois pour la corrosion des parois de la citerne) peu courant dans les zones rurales du Tiers-Monde
ruissellement sur toiture	<ul style="list-style-type: none"> pollution chimique : toiture contenant de l'amiante, peinture au plomb pollution bactériologique : <ul style="list-style-type: none"> formation de mousses où les mouches viennent pondre leurs larves débris apportés par le vent passages d'insectes ou petits rongeurs 	<ul style="list-style-type: none"> ne pas utiliser ce type de toitures pour le recueil d'eau de boisson nettoyer la toiture des mousses ou dépôts qui peuvent apparaître la première eau de pluie (après une période sèche) ne doit pas être envoyée dans la citerne. ces animaux peuvent être vecteurs d'agents de contamination. Les latrines, eaux usées aux alentours de la maison doivent être bien protégées des animaux.
dans les gouttières	<ul style="list-style-type: none"> les gouttières peuvent amasser les débris (les feuilles en particulier) de l'eau stagne dans les gouttières, des matières organiques crouissent, des larves se développent 	<ul style="list-style-type: none"> éviter la plantation d'arbres trop près des gouttières <ul style="list-style-type: none"> prévoir un filtre (toile moustiquaire) à la sortie de la gouttière pour éviter l'entrée de matières organiques dans la citerne nettoyer régulièrement les gouttières lors de la pose de la gouttière, donner une pente suffisante (1 à 2 %) pour le bon écoulement des eaux. Contrôler régulièrement la tenue des supports

Période de contamination	RISQUES	SOLUTIONS OU OBSERVATIONS
	<ul style="list-style-type: none"> - lors du premier remplissage de la citerne, l'eau a un goût de ciment prononcé - infiltration d'eaux souterraines souillées - développement d'algues - développement d'agents pathogènes - contamination secondaire par l'entrée d'insectes, moustiques, petits animaux 	<ul style="list-style-type: none"> - laver les parois à grande eau avec les premiers m³ et rejeter l'eau. L'eau perdra ensuite ce goût de ciment. - dans le cas d'une citerne enterrée, éviter lors de l'implantation la proximité de latrines ou d'autres sources de contamination souterraines qui pourraient polluer l'eau en cas de mauvaise étanchéité des parois - l'eau doit être strictement à l'abri de la lumière, les orifices doivent être calculés pour cela - ceux-ci ne se développeront que si l'eau est chargée en matières organiques. Si l'eau est relativement propre au départ et qu'il y a une bonne aération dans la citerne, il y aura auto-épuration de l'eau durant le stockage, les bactéries mourront plus vite qu'elles ne se reproduisent - tous les orifices doivent être parfaitement étanches au passage des insectes et animaux. Pour le trop-plein et les aérations, griller de toile moustiquaire. Ne pas oublier de protéger la descente de gouttière - un nettoyage régulier de la citerne (lorsqu'elle est vide) est à effectuer - cf. paragraphe sur traitement de l'eau
Lors de l'exhaure et du transport de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> - un seau plongé dans la citerne peut la contaminer - si l'endroit où l'on pose le récipient à remplir est boueux, l'utilisateur peut en portant ce récipient contaminer l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - pour les citernes surélevées : utilisation d'un robinet pour les citernes enterrées : un escalier enterré qui mène à un robinet ou utilisation d'une petite pompe - l'endroit de remplissage des récipients doit être bien drainé et propre

62. IMPLANTATION DE LA CITERNE

La proximité des arbres près de la toiture est gênante : les feuillages peuvent diminuer la quantité d'eau recueillie, celle-ci peut également être polluée par les fientes d'oiseaux si elle ruisselle sur les branchages avant de retomber sur la toiture. Les racines peuvent être un danger pour les parois enterrées. Sur la figure, l'escalier protège la citerne des racines. La proximité des latrines est également évitée.



Si la toiture n'est pas de niveau, l'implantation judicieuse de la citerne facilite la pose de gouttières.

63. LES GOUTTIERES631. Calcul des gouttières et descentes d'eau

(Réf. 72, p. 155)

Les gouttières doivent permettre l'acheminement de l'eau sans déborder même durant les pluies de très forte intensité. Ce calcul doit prendre en compte trois éléments :

- l'intensité maximum de la pluie qui a été ici fixée à 100 mm par heure (ce qui correspond à une pluie très violente)
- la surface de la toiture projetée au sol
- la pente des gouttières.

Ce tableau indique donc les dimensions à adopter pour une gouttière ayant un profil semi-circulaire :

Diamètre de la gouttière en mm	Surface de l'impluvium avec une gouttière ayant une pente de :		
	0,5 %	1 %	2 %
80	16 m ²	22 m ²	32 m ²
100	33 m ²	47 m ²	67 m ²
125	58 m ²	82 m ²	116 m ²
150	89 m ²	126 m ²	178 m ²

Pour les tuyaux de descente d'eau verticaux :

diamètre du tuyau en mm	Surface de l'impluvium correspondante
50	65 m ²
65	120 m ²
80	205 m ²
100	430 m ²
150	1255 m ²

Si l'eau est ensuite amenée à la citerne par un tuyau horizontal, celui-ci aura les dimensions suivantes :

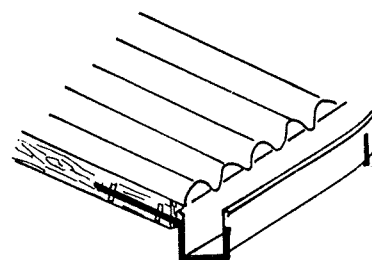
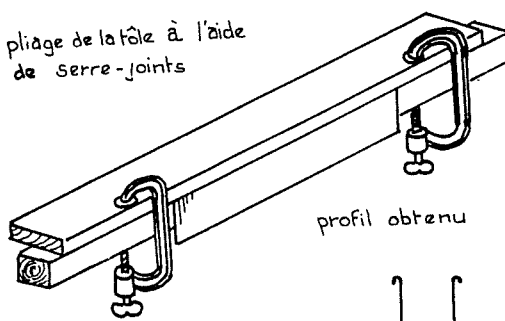
Diamètre du tuyau en mm	Surface de l'impluvium avec un tuyau ayant une pente de		
	1%	2%	3%
80	75 m ²	110 m ²	150 m ²
100	175 m ²	245 m ²	350 m ²
150	495 m ²	700 m ²	995 m ²
200	1070 m ²	1515 m ²	2135 m ²

632. Fabrication des gouttières

Si les gouttières commercialisées ne sont pas disponibles, on peut les fabriquer sur place

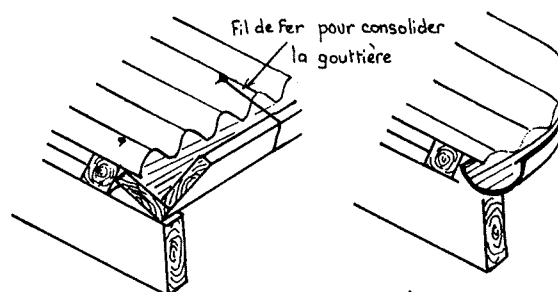
- à partir de tôle galvanisée

pliage de la tôle à l'aide
de serre-joints



support de gouttière en fer à béton

- à partir de tuyau PVC ou bambou fendus sur la longueur, ou avec des planches.



gouttière en planches

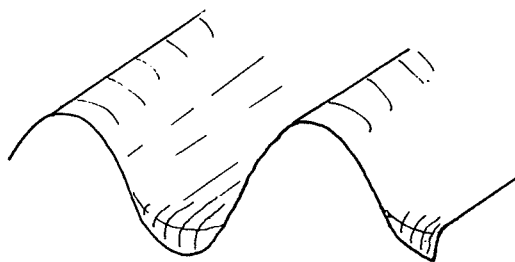
gouttière en bambou
en tuyau P.V.C. scié
en deux

633. La pose des gouttières

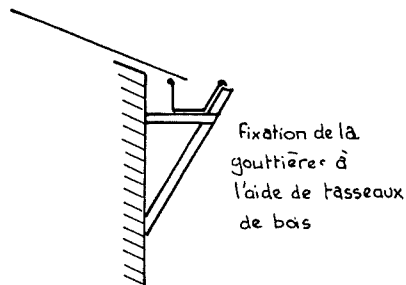
C'est un point délicat et très important.

Une pente régulière empêche la formation de poches d'eau le long de la gouttière. Sa distance par rapport à la retombée de la toiture doit rester faible pour que, lorsque le vent souffle l'eau ne ruisselle à côté de la gouttière.

Les extrémités des ondulations creuses de la tôle ont été arrondies vers le bas pour mieux diriger l'eau dans les gouttières (Réf. 15).



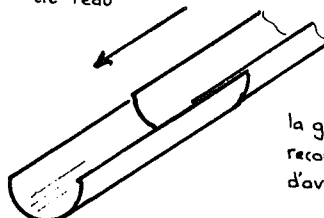
Les supports des gouttières sont suffisamment solides pour supporter les gouttières remplies d'eau. Lorsque l'accrochage des supports n'est pas possible sur la charpente (bois irréguliers ou trop faibles), on s'appuiera sur le mur.



Fixation de la
gouttière à
l'aide de tasseaux
de bois

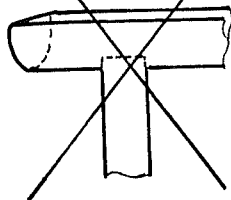
La liaison des gouttières entre elles peut se faire par rivets avec un mastic de goudron pour l'étanchéité, ou par soudure à l'étain.

Sens d'écoulement
de l'eau

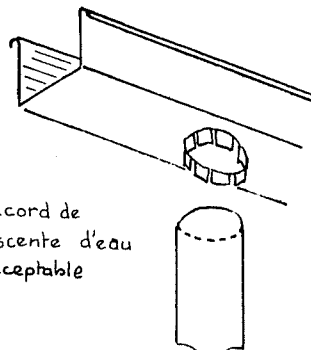


la gouttière d'amont
recouvre la gouttière
d'aval

raccord de descente d'eau
non correct

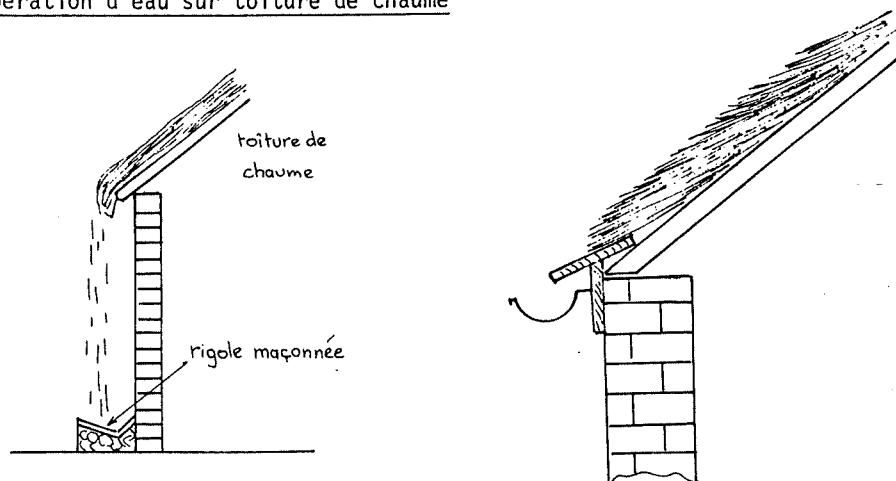


raccord de
descente d'eau
acceptable



La descente d'eau doit être
raccordée de façon à ne pas
provoquer la stagnation
d'eau dans la gouttière.

634. Récupération d'eau sur toiture de chaume



Pour concentrer la retombée d'eau, une planche ou une feuille glissée sous la dernière rangée de chaume permet la pose d'une gouttière classique (Réf. 29, Nick Hall).

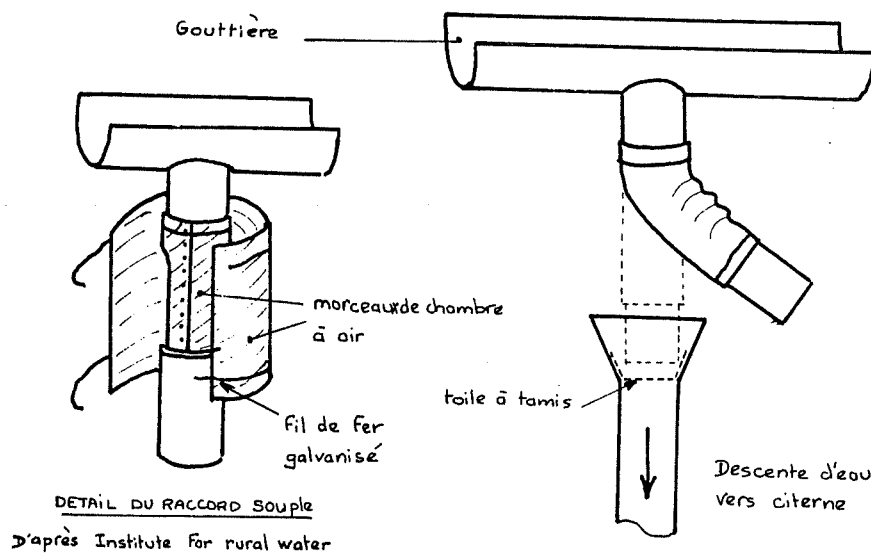
Une rigole maçonnée au sol, relativement large peut être utilisée si la citerne est enterrée.

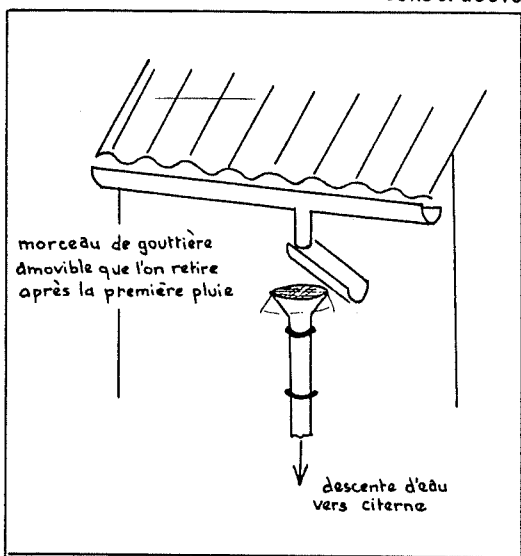
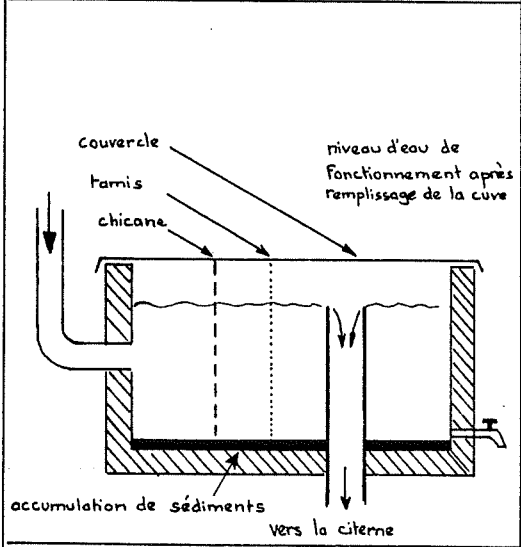
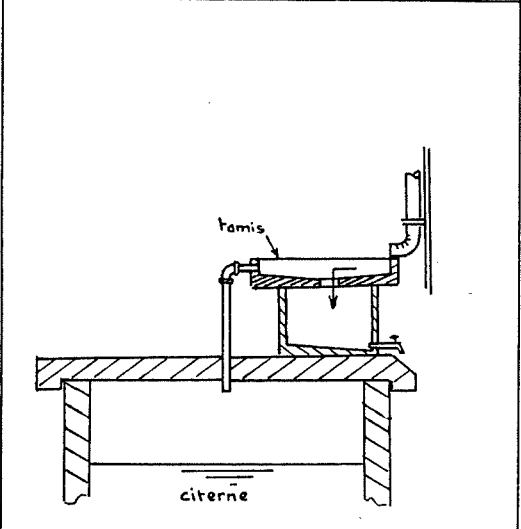
64. ELIMINER LA PREMIERE PLUIE

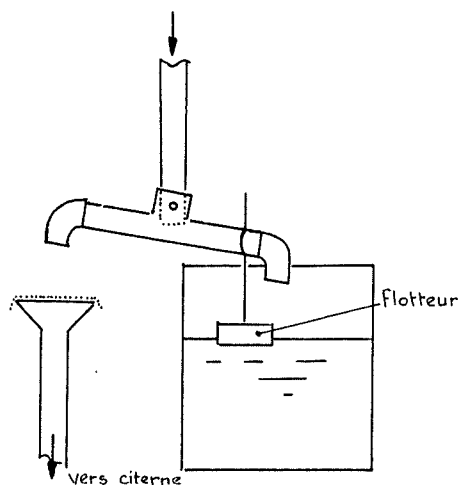
La contamination fécale est la plus dangereuse. Elle a cependant peu de chances de se produire sur une toiture. D'autre part les rayons du soleil ont un effet stérilisant sur les toitures. Malgré cela, l'élimination de la première pluie est importante car elle va laver la toiture et les gouttières de toutes les impuretés

Si l'eau de la citerne est très peu chargée en matières organiques et, si elle est bien décantée, elle sera peu propice au développement bactérien. Une auto-épuration (d'autant plus efficace que la température sera élevée) peut se produire dans la citerne grâce au développement de certains micro-organismes qui inactivent les germes pathogènes.

Un raccord de descente d'eau amovible permet de divertir les pluies "sales".

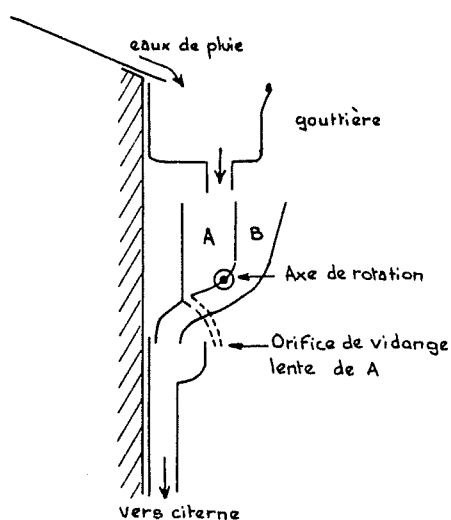


 <p>morceau de gouttière amovible que l'on retire après la première pluie</p> <p>descente d'eau vers citerne</p>	<p>Le système le plus simple et finalement le plus fiable : un simple morceau de gouttière que l'on retire après la première pluie de lavage de la toiture.</p> <p>L'entrée de la descente d'eau est protégée par une toile à tamis fin.</p>
 <p>couvercle</p> <p>tamis</p> <p>chicane</p> <p>niveau d'eau de fonctionnement après remplissage de la cuve</p> <p>accumulation de sédiments vers la citerne</p>	<p>La première pluie remplit d'abord le bac de décantation, où l'eau est freinée par une chicane, filtrée grossièrement par une toile à tamis. Lorsque le bac est plein, l'eau s'écoule dans la citerne par le tuyau de trop-plein vertical.</p> <p>(d'après UNEP)</p>
 <p>tamis</p> <p>citerne</p>	<p>Système pratiquement identique au précédent. La première pluie remplit le premier bac avant de pouvoir s'écouler par le trop-plein dans la citerne.</p> <p>(Réf. 24)</p>



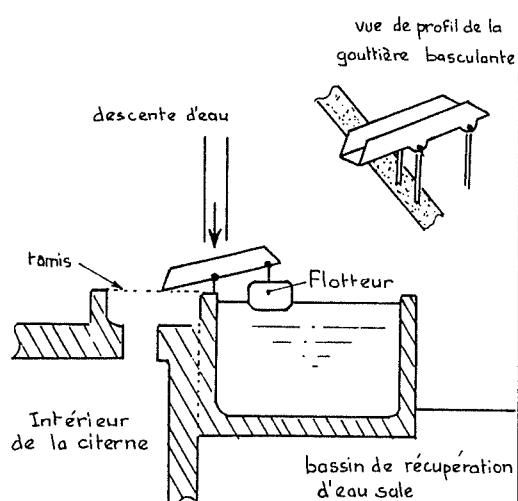
La descente d'eau débouche sur une double sortie basculante commandée par un flotteur. La première pluie d'eau sale remplit d'abord le fût. Lorsque celui-ci est plein, le flotteur en s'élevant oriente l'eau dans la conduite menant à la citerne. Cette conduite est protégée par une toile à tamis.

(Réf. 37)



Ce système australien est original mais un peu complexe à fabriquer. La partie principale est un entonnoir pivotant, divisé en deux chambres A et B. En position initiale, les eaux de pluie se déversent dans A. L'eau s'accumule dans A (car l'orifice de vidange est très petit), l'entonnoir bascule déséquilibré par le poids de l'eau. L'eau de pluie se déverse alors dans B pour être amenée dans la citerne.

(d'après U.N.E.P.)



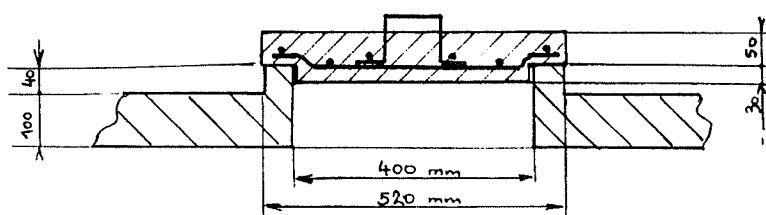
Système à flotteur analogue à celui du haut de la page.

(Réf. 7)

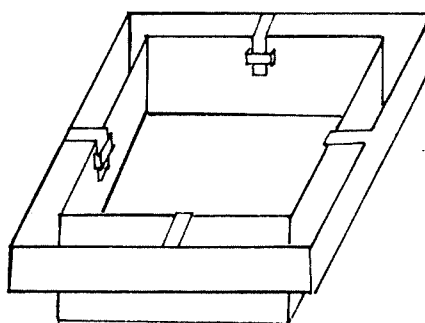
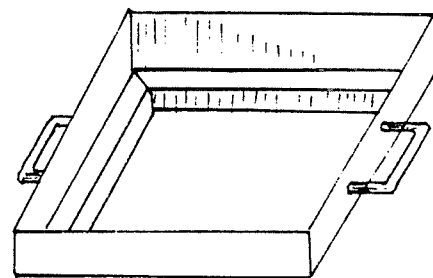
65. TRAPPE DE VISITE

L'ouverture de la citerne sera suffisamment large pour descendre une échelle et un seau pour les opérations de nettoyage. La bouche du trou sera légèrement surélevée (4 à 5 cm) de façon à ce que les eaux qui ruissellent sur le toit de la citerne ne puissent pénétrer et contaminer l'eau.

Un moule métallique peut s'avérer très pratique pour les constructions en série. Il permet de réaliser rapidement un couvercle bien ajusté à l'ouverture ce qui est important pour bloquer le passage aux insectes et ravets.



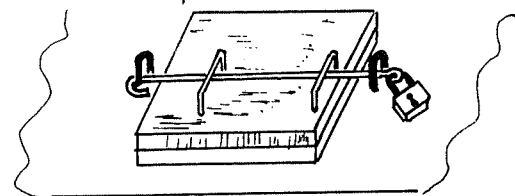
Coupe du trou d'homme

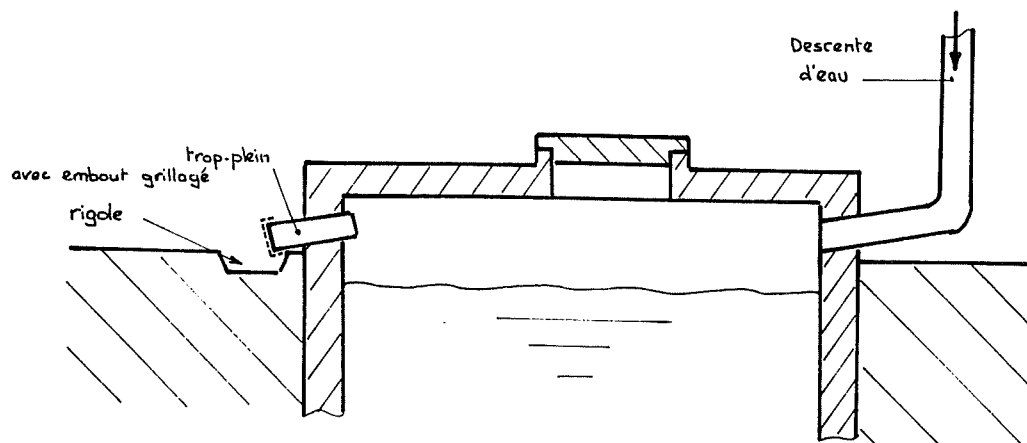
Moule extérieur en
2 parties

Moule couvercle

dépouille 5 % pour démoulage

Ancrer 2 crochets dans la dalle de couverture permet d'installer un système de fermeture du couvercle.



66. LE TROP-PLEIN - AERATION

Le trop-plein permet d'évacuer le surplus d'eau de la citerne. Son diamètre doit être suffisant pour pouvoir évacuer sans peine le débit d'une pluie moyenne. Un fin grillage à son extrémité empêche l'accès d'éléments extérieurs dans la citerne. En légère pente vers l'extérieur, il ne laissera pas la lumière pénétrer. Il déverse dans une rigole d'évacuation des eaux. Il est situé assez haut de façon à ce que la capacité utile de la citerne soit presque égale à son volume total.

De préférence, il sera diamétralement opposé à l'entrée d'eau, une ventilation naturelle pourra s'instaurer entre les deux conduits, la descente d'eau faisant office de cheminée.

67. FILTRES

La filtration de l'eau peut se faire à trois niveaux :

- à l'entrée de la citerne
- dans la citerne elle-même
- à la sortie de la citerne.

671. Filtre à l'entrée de la citerne

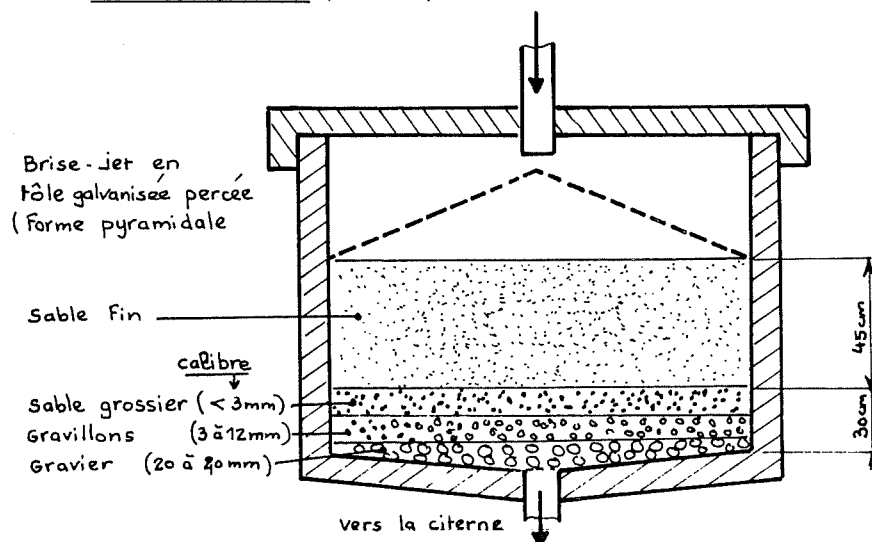
- Si un filtre est installé à l'entrée de la citerne, il doit pouvoir accepter un débit d'eau important, équivalent à ce que recueille la toiture.

Si le filtre est trop petit, au premier orage il débordera et les utilisateurs le perceront ou le mettront hors d'usage pour ne pas gaspiller l'eau de pluie si précieuse.

- Le filtre doit être d'accès facile, pouvoir être nettoyé facilement. Un filtre mal entretenu peut être plus dangereux que pas de filtre du tout. Il devient un foyer de contamination.
- Un filtre d'entrée doit être un filtre rapide. Il empêche les débris et les matières organiques d'entrer dans la citerne. Son action est purement mécanique. Il n'a aucun effet de purification bactériologique. Cependant il est utile car une eau peu chargée en matières organiques est beaucoup moins propice au développement des bactéries.

Le filtre le plus simple est le grillage moustiquaire fin. Il arrête les particules d'un diamètre supérieur à 1 mm ou moins. Il se nettoie facilement. A l'oeil nu on contrôle aisément son état de propreté.

Le filtre à sable (Réf. 16)



Les particules en suspension dans l'eau vont être retenues lors du passage dans le sable et vont au fur et à mesure de l'utilisation du filtre, remplir les vides laissés entre les grains de sable.

Lorsque le débit du filtre faiblit, cela signifie qu'il est temps de le nettoyer. Pour cela, on gratte la couche supérieure du sable sur une épaisseur de 1 cm environ et on jette ce sable.

Lorsque l'épaisseur du sable n'est plus que de 30 cm, on le remplace entièrement par une couche de sable propre de 45 cm.

Un système d'évacuation de la première pluie (cf. 64) évite un encrassement trop rapide du filtre.

La surface du filtre doit être assez grande. Pour une citerne individuelle, les dimensions habituelles sont de 1,20 m x 1,20 m.

672. Filtre à l'intérieur de la citerne

La citerne vénitienne (413) en est un excellent exemple. C'est un filtre lent, il a donc une double action : mécanique et bactériologique.

Dans la citerne allemande (414), la filtration est précédée d'une sédimentation dans la première chambre.

673. Filtration à la sortie de la citerne

Seulement une fraction de l'eau de citerne est utilisée pour la boisson. De ce fait certains optent pour une filtration et un traitement de l'eau destinée uniquement à cet usage. Cela comporte un risque grave, pour les enfants essentiellement, qui ne feront pas toujours la différence entre les deux qualités d'eau : l'eau domestique et l'eau de boisson.

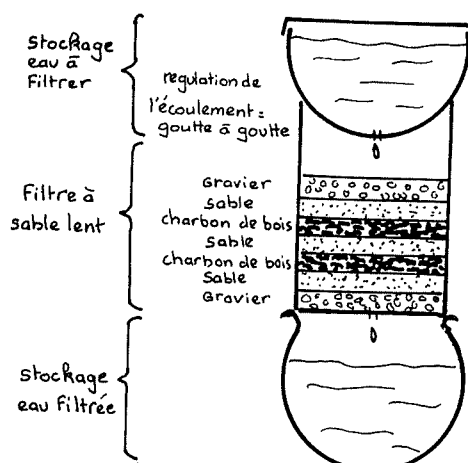
Filtre à sable - charbon de bois

(Réf. 36, page 52)

Le type de filtre lent a un effet de purification bactériologique. Une flore bactérienne "utile" va se développer à l'intérieur du filtre. Elle va inactiver les germes pathogènes qui la traversent.

Si le filtre s'assèche, cette flore meurt et le filtre devient inefficace.

Ce filtre n'est à vulgariser que si on a pris toutes les garanties de son entretien régulier (stages de formation et suivi).

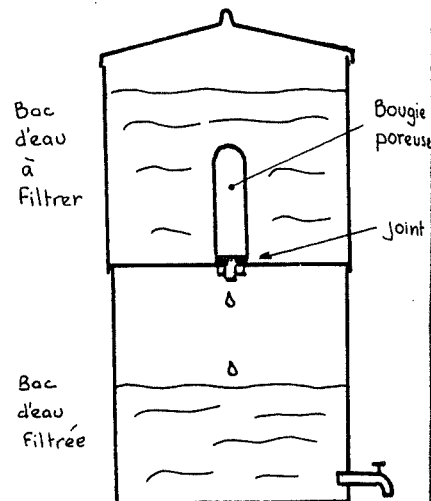


Les filtres à bougie filtrante

L'eau traverse une cartouche en matière de très fine porosité (porcelaine, diatomite) et devient bactériologiquement pure.

Les bougies doivent être brossées fréquemment avec de l'eau de javel. Un peu coûteuses à l'achat, les bougies sont des filtres efficaces et fiables. Vérifier l'étanchéité du joint.

Des filtres portatifs de ce type (Esder ou Katadyn BP 154, CH 8304 Wallisellen, Suisse) sont également très pratiques.



68. TRAITEMENT DE L'EAU

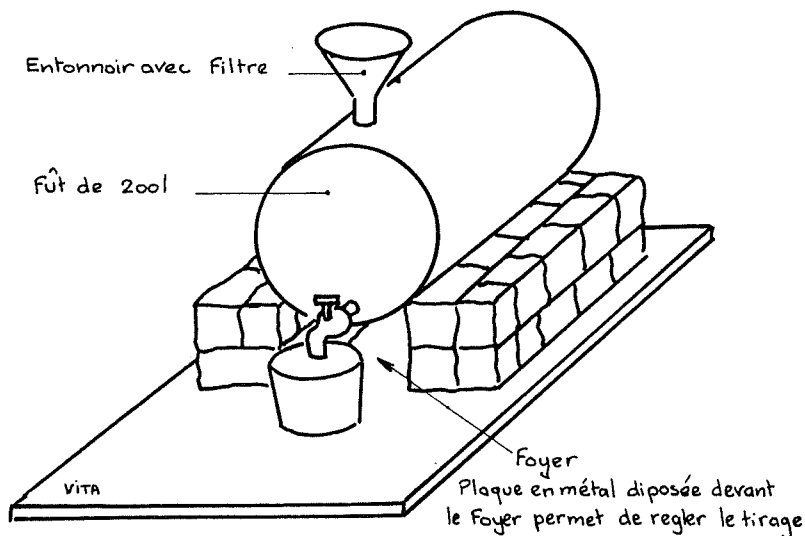
681. L'ébullition

C'est la méthode la plus sûre surtout pour les nourrissons : bouillir l'eau pendant 15 mn.

Attention en très haute altitude, la température d'ébullition diminue, on peut alors utiliser une cocotte-minute.

L'eau bouillie a un goût fade par manque de gaz dissous et elle n'est généralement pas appréciée.

Pour bouillir de grandes quantités, on peut s'inspirer du dispositif suivant (Réf. 16, p. 17) :



682. Traitements chimiquesChloration (Réf. 16 et 30)

Lorsqu'on introduit le chlore à l'eau, il oxyde la matière organique morte ou vivante (donc les organismes tels que les bactéries). Le chlore en excès est dit "libre".

Il faut donc ajouter à l'eau suffisamment de chlore pour oxyder toutes les matières organiques et laisser un résidu de chlore libre (0,5 mg/l) pour se garantir contre toute contamination ultérieure.

Une eau préalablement filtrée et décantée aura donc une demande en chlore moindre ce qui est important pour l'eau de boisson, car une concentration élevée de chlore donne un goût désagréable.

Pour connaître le dosage adéquat, on verse une quantité de chlore connue dans un échantillon d'eau à traiter. On mesure ensuite le chlore résiduel. Cela peut se faire facilement grâce à des réactifs commerciaux dont la teinte est comparée à une carte de couleurs de référence livrée avec le produit (chlorotex - British drug houses).

La chloration peut se faire avec différents produits : hypochlorite de calcium, chlorure de chaux, hypochlorite de sodium (eau de Javel).

Exemple : Désinfection d'une citerne de 10 m³ à 5 mg/l de chlore en utilisant de l'eau de Javel.

On vérifie le titrage de l'eau de Javel : si le chlore actif représente 10 % du poids, il faudra donc

$$\frac{10\ 000\ l \times 5\ mg/l}{10\ \%} = 500\ 000\ mg$$

soit donc 500 g d'eau de Javel.

L'eau de Javel est introduite diluée avec de l'eau. L'eau doit reposer au moins trente minutes avant consommation.

Pour des petites quantités, les pastilles d'hydroclonazone vendues en pharmacie sont pratiques. Elles existent en 2 modèles : comprimé pour 1 litre ou pour 20 litres.

Le permanganate de potassium

Il a également un effet stérilisant mais a le désavantage de colorer l'eau. Il est pratique pour l'eau de cuisine : nettoyer les légumes, les salades.

69. MATERIEL D'ANALYSE

(Réf. 30, 87 et 88)

L'eau peut être le vecteur de nombreuses maladies (choléra, typhoïde, dysenterie, ver de guinée etc ...). Il n'est pas possible d'examiner la présence ou l'absence de tous les micro-organismes pathogènes.

Comme la contamination fécale est la source d'infection la plus probable, on recherche la présence d'une bactérie qui est toujours présente dans les excréments humains ou de mammifères supérieurs. Cette bactérie est l'*Escherichia Coli* (*E. Coli*), c'est une bactérie intestinale tout à fait inoffensive. Elle sert d'indicateur. Si sa présence est décelée, cela prouve que l'eau a été contaminée par des excréments. Il y a alors de fortes présomptions pour que cette contamination fécale ait amené des agents pathogènes dans l'eau.

Le comptage des *E. Coli* serait assez simple si, en pays tropicaux, il n'y avait pas des bactéries coliformes d'origine non fécale qui ont aussi la propriété de se développer dans l'eau. Un test supplémentaire doit donc permettre de distinguer les coliformes fécaux et non fécaux pour que l'analyse soit vraiment significative.

Du matériel de test a été mis au point (sous forme de valise) de façon à pouvoir être utilisé sur le terrain. Millipore Corporation (P.O. 255, Bedford, Mass. 01730, USA) commercialise ce matériel (méthode de la filtration sur membrane). L'université de Surrey (Department of Microbiology - Guilford - Surrey - GU2 5XH - Grande Bretagne) est en train de mettre au point un matériel transportable de test sur le site qui sera plus économique.

D'autres tests moins poussés mais plus faciles à entreprendre permettent de juger de la qualité de l'eau :

- évaluation du taux de matières organiques (par dosage de la chloration résiduelle, cf. 682)
- mesure de la concentration d'ammoniaque à l'aide de solution Nessler's (qui est présente dans les excréments).

Ces derniers tests donnent des indices sur le degré de pollution probable de l'eau.

7. EXEMPLE D'UN PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE CITERNES : SALAGNAC - HAÏTI

Réf. (85, 89, 90, 91)

Depuis deux ans, le CEPAZE apporte un appui technique intermittent au projet Salagnac dans la péninsule Sud d'Haïti. C'est un bref résumé de l'histoire de ce programme qui est au départ essentiellement agricole et qui en est venu à s'intéresser aux problèmes de stockage d'eau.

Au Sud du pays, sur le plateau de Rochelois, les pluies sont abondantes (2150 mm par an en moyenne). Cependant le problème de l'eau reste important. Les eaux ruissellent en emportant de la terre végétale pour rejoindre les ravines qui creusent les mornes (montagne en langue créole). Une partie s'infiltré dans le calcaire perméable pour resurgir sous forme de sources 300 m plus bas sur les affleurements de calcaire marneux situés sur les versants du plateau.

7.1 L'approvisionnement traditionnel en eau (Réf. 85)

"La pratique la plus courante est le transport de l'eau dans des calebasses ou des bidons en plastique sur la tête. Le temps consacré à ce transport de la source au foyer est parfois très important : 3 fois 2 heures par jour, soit 6 heures par jour pour ravitailler une famille en eau.

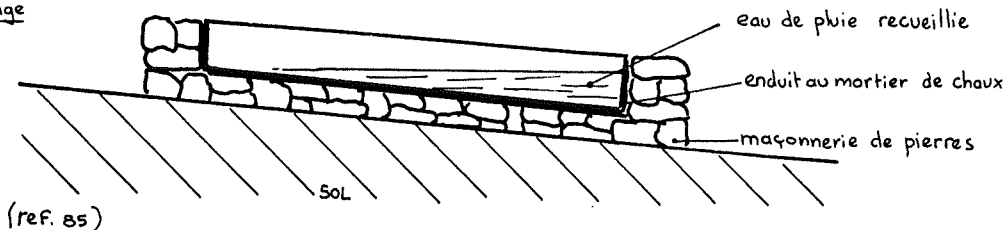
Ce sont les enfants et les femmes qui sont le plus souvent désignés pour ces tâches pénibles.

Ainsi les enfants doivent assurer au moins un transport d'eau le matin avant d'aller à l'école, et un l'après-midi après les cours. Dans les familles les plus aisées, ce sont de petits domestiques non scolarisés qui effectuent cette besogne, ou, lorsque les distances sont éloignées, il y a un cheval ou un mulet utilisé à cette tâche du transport de l'eau".

Quelques rares paysans possèdent un bassin de 1m³ (en maçonnerie de roches au mortier de chaux) ou un fût de récupération de 200 l, qui servent pour stocker un peu d'eau de pluie des toitures.

Chaque "Kaye" (habitation) possède une surface de séchage (aire recouverte d'un enduit de chaux entourée d'un bas muret). Celle-ci collecte l'eau en saison pluvieuse qui est utilisée pour les besoins domestiques et parfois pour la boisson bien qu'elle soit très sale.

Coupe d'une aire
de séchage



"Vu les difficultés d'approvisionnement, les quantités d'eau consommées par les ménages sont très faibles. La consommation en eau par personne se situe entre 1,5 et 4 litres par jour (pour la boisson, cuisine, toilette). Quand à la qualité, elle laisse à désirer, même quand l'eau provient d'une source", car celles-ci ne sont pas protégées.

"Les bovins sont amenés à un point d'eau seulement deux fois par semaine". En période sèche, des vaches consomment des stipes de bananier en guise d'abreuvement. Le rationnement en eau du bétail est un des premiers facteurs limitants des productions animales".

7.2 Le projet Salagnac

Une équipe d'agronomes haïtiens et français travaille depuis 6 ans dans cette région. L'objectif est d'aider les paysans à intensifier leur système de production agricole.

Les premières années ont été en partie consacrées à la compréhension du système culturel traditionnel. Les études ont montré que face aux contraintes auxquelles il est soumis et vu les moyens dont il dispose, le paysan utilise des méthodes très adaptées à sa situation. Finalement, le paysan a plus besoin de moyens de production supplémentaires que d'un transfert de savoir-faire.

Aider le paysan à disposer de ressources supplémentaires, devrait lui permettre d'augmenter les productions agricoles et d'améliorer son élevage. Cependant, cet objectif ne peut être réalisé tant que les besoins primaires (eau domestique) ne sont pas eux-mêmes résolus.

Démarche

Dans un premier temps, des visites de groupes de paysans furent organisées pour voir dans d'autres régions du pays des réalisations de citernes. Des stages de formation qui au départ étaient plus portés sur la réflexion (importance de l'eau pour la santé) se sont orientés vers des réalisations : construction des premières citernes.

Les actions ne pouvaient suffire à lancer la construction de toutes les citernes nécessaires dans la zone : les paysans, bien convaincus de l'intérêt du stockage de l'eau n'avaient pas (à de rares exceptions près) les moyens financiers d'entreprendre ce genre de réalisations chez eux.

La recherche de fonds extérieurs devenait impérieuse pour le développement d'un projet accessible à tous.

Le principal financement fut apporté par le C.E.E. pour un nombre initialement fixé à 360 citernes.

La construction de citernes s'est concentrée sur le plateau de Rochelois ; les avantages de ce choix sont d'abord, une plus grande facilité d'organiser des chantiers rapprochés. Les premières citernes remplies fournissent de l'eau aux chantiers suivants.

Un propriétaire de citerne isolée, ne peut gérer convenablement l'eau de la citerne

et en épargner pour la saison sèche. La demande de ses voisins, toujours en pénurie, est trop forte pour qu'il puisse y résister longtemps sans se créer de problèmes.

Des constructions dans une autre zone ont été démarrées puis finalement arrêtées. La dispersion géographique ne permettait plus une supervision suivie des travaux.

7.3 Les bénéficiaires

Pourquoi des citernes individuelles ? Pour des raisons techniques d'abord :

Les grandes surfaces de réception (toiture d'église ou d'école) sont peu nombreuses. D'autre part, l'objectif est d'intégrer la citerne en tant qu'outil de production au sein d'exploitations agricoles qui sont, elles, individuelles.

Une contrainte de taille surgissait dès le départ. Moins de la moitié des habitations est couverte de tôles. Les autres sont recouvertes de paille impropre à la collecte d'eau de qualité. Les propriétaires de ces dernières sont généralement les plus défavorisés. Ceux-ci seraient-ils exclus du programme ?

Pour résoudre ce problème, il a été décidé de regrouper par 3 les exploitants agricoles, l'un d'entre eux étant propriétaire d'une toiture en tôle, les 2 autres d'une toiture en paille. Le propriétaire et ses "associés" entreprennent la construction ensemble à l'endroit de l'habitation tôlée. En contre-partie, les associés bénéficient d'un "droit d'eau".

Les groupes sont formés en fonction des liens de parenté ou d'amitié qui existent entre les membres.

En pratique, le propriétaire s'investit beaucoup plus dans la construction que ses associés. Il utilise par la suite plus largement l'eau que les autres. L'approvisionnement en eau des associés est assuré dans la plupart des cas, mais reste précaire car il est finalement lié au bon vouloir du propriétaire.

Contrat entre les bénéficiaires et le centre

L'exploitant fournit le sable (creusé à la pioche dans de petites carrières), les roches, l'eau. Il creuse le trou (citerne enterrée), transporte jusqu'au chantier les matériaux fournis par le centre, prête la main au maçon durant la durée du chantier (fabrication de parpaings, gâchage du béton, tamisage du sable, etc...).

L'ensemble de ces travaux représente suivant les conditions de 50 à 80 jours de travail.

Le centre de Salagnac fournit le ciment, les fers à béton, les gouttières, le robinet. Il prête des outils (pioche, pelle, brouette). Il paye un maçon pour les travaux nécessitant un ouvrier qualifié. Il organise des stages de formation pour les paysans et les artisans.

Vu les conditions de vie du paysan de cette région, l'effort qui lui est demandé est important. Sa ration alimentaire quotidienne est souvent inférieure à 2000

calories. Ses revenus ne proviennent que de l'exploitation d'un hectare environ de terres pentues et dégradées.

La construction d'une citerne demande souvent près d'un an entre le début des fouilles et sa finition. Cela peut paraître long, mais l'agriculteur ne peut interrompre ses activités agricoles et ne dispose que des temps morts de son calendrier culturel.

7.4 Technique utilisée

Les modèles de citerne construits sont ceux décrits dans les chapitres 4.4.1 - 4.4.2.

La fourniture de matériaux ne pose pas trop de problèmes car une cimenterie fonctionne près de la capitale. Une aciérie fabrique les fers à béton à partir de lingots importés. Le sous-sol de la zone fournit un sable et des graviers de calcaire dur propres aux constructions.

Une des raisons qui a motivé le choix de la citerne enterrée est la possibilité d'utiliser la couverture de la citerne comme aire de séchage.

L'escalier permet de se servir en eau au robinet sans introduire de récipient dans la citerne.

Une difficulté technique qui reste encore mal résolue est la pose des gouttières. Les charpentes de toitures sont très irrégulières et rendent difficile l'accrochage des gouttières. Fabriquées en tôle galvanisée, elles commencent à se rouiller après quelques années.

La participation paysanne à l'entretien de la citerne n'avait pas bien été étudiée au démarrage du projet car les problèmes d'entretien ne se posaient guère alors. Un système d'épargne pour le rachat de nouvelles gouttières, des artisans locaux, formés et outillés pour ces réparations doivent être envisagés dès le démarrage du programme.

Le volume des citernes est généralement de 12 m³ pour une toiture moyenne de 30 m². Les pluies sont assez bien réparties sur l'année ce qui permet donc à l'utilisateur de jouir d'environ 60 m³ d'eau (30 m² x 2 m de précipitations) avec un faible volume de stockage.

7.5 Impact du projet dans la région (Réf. 89)

- a) sur le temps de travail Le premier résultat sensible des constructions de citernes est l'énorme gain de temps qu'elles procurent. Les femmes et les enfants sont dispensés de la corvée d'eau.

Les femmes peuvent aller plus souvent au marché. Les disputes aux points d'eau collectifs traditionnels dues à l'engorgement sont évitées. Les enfants ne sont plus obligés de perdre plusieurs heures avant ou après l'école pour aller à la source ; les parents contrôlent mieux les allées et venues de leurs enfants.

La consommation d'eau potable s'améliore de façon notable, autant au niveau qualité que quantité.

Les quelques têtes de bétail de l'exploitation boivent plus et plus souvent. Un temps plus important peut être consacré aux travaux agricoles.

b) Santé

L'impact sur la santé est difficile à contrôler et doit être encore faible car les adultes ont souvent l'occasion de boire de l'eau qui n'est pas issue de citernes = chez les voisins ou associés de travail, au cours de leurs déplacements au marché, etc.....

Le risque de continuer à boire de l'eau contaminée n'est pas supprimé. Le programme, parallèlement à la construction des citernes, comprend l'aménagement des sources. Lorsque tous les points d'eau habituellement utilisés seront protégés, il est probable qu'il y aura des répercussions sur la santé des habitants de la région.

c) agriculture

L'utilisation de l'eau de citerne à fins agricoles reste encore marginale.

L'arrosage de quelques pépinières de choux a été entreprise par quelques-uns et semble d'un bon rapport. Cependant, le nombre de citernes installées est encore insuffisant ; même pour les besoins domestiques, on peut encore parler de pénurie.

Le développement de l'arrosage d'appoint ne pourra se développer qu'avec un accroissement sensible des capacités de stockage dans la zone. A cet effet, une citerne de 100 m³ datant de plus de 2 siècles a été restaurée. Un réservoir de 400 m³ recueillant l'eau sur un flanc érodé de morne est en cours de construction. Les besoins en eau agricole ne sont pas énormes mais peuvent être déterminants : un seul arrosage peut permettre de sauver une récolte si une période de sécheresse se prolonge trop; cela crée la possibilité de démarrer des pépinières plus précoces et de produire des légumes à contre-saison lorsque les prix sont les plus élevés.

d) Artisanat

Un petit corps d'artisans, essentiellement des maçons, s'est développé dans la zone.

Les artisans étant au départ trop peu nombreux pour faire face à toutes les activités du programme, le centre Salagnac a formé aux cours de stages et sur le tas, des paysans à la maçonnerie. Ceux-ci continuent à exercer, parallèlement, leur métier de paysan.

e) L'héritage

Après la mort des parents, les enfants avaient coutume de démonter l'habitation pour se partager les matériaux (les portes en bois). La construction d'une citerne risque de figer l'habitat car elle n'est pas démontable. Le programme est encore trop récent pour en avoir confirmation.

7.6 Impact du projet en dehors de la région

Le centre s'est donné aussi pour vocation d'améliorer et d'expérimenter les techniques de recueil et de stockage d'eau : construction de jarres, citernes en fibro-ciment, recueil d'eau sur toiture de paille, impluvium sur pente de morne, etc...

Il accueille régulièrement des maçons d'autres zones qui viennent se former à la technique de construction des citernes. Plusieurs programmes de construction de citernes démarrent maintenant dans le pays.

Les techniciens agricoles et les étudiants agronomes qui viennent faire des stages dans le centre sont sensibilisés aux problèmes et techniques de stockage d'eau.

7.7 Limites et perspectives

Le choix de construction de citernes individuelles a favorisé l'établissement d'un mode de relation en étoile, le programme rayonnant dans la région en ayant beaucoup de relations avec des individus ou de petits groupes. Cela a peu favorisé le développement de l'organisation paysanne. Par contre, les travaux d'intérêt collectif (réservoir de grande capacité, aménagement de sources ou de puits) ont été des occasions de regroupement plus large des exploitants agricoles.

La résolution des problèmes d'eau demande des investissements en travail importants, on atteint vite les limites du travail "bénévole". L'organisation de gros chantiers implique alors l'engagement de salariés pour que le travail ne dure pas des années avec les risques de découragement de la population. La combinaison travail salarié-travail bénévole est assez difficile.

Le travail rémunéré est l'objet de beaucoup de convoitise, car pour beaucoup de paysans, c'est la seule façon de compléter des revenus agricoles insuffisants. Le choix des salariés, leur origine sociale et géographique doivent être étudiés, discutés pour qu'ils ne soient pas à la source de tensions ou de démobilisation dans l'ensemble de la communauté.

Très vite on s'aperçoit que la valorisation des nouvelles ressources en eau à utilisation agricole implique l'engagement d'autres actions : facilité d'approvisionnement en intrants (semis, engrais), commercialisation des produits, crédit agricole, etc...

Pour l'alimentation en eau potable, le projet n'a pas eu jusqu'à maintenant les moyens d'analyser l'eau des citernes ou des sources aménagées. Un matériel permettant de contrôler la contamination bactériologique de l'eau avant et après les travaux, un suivi régulier des différentes sources permettraient de mieux évaluer et si besoin de réorienter les actions menées dans ce domaine.

7.8 Conclusion

Ce programme très ponctuel avec ses succès et ses limites, a finalement eu un impact assez large. Très ouvert aux visites et aux stages de techniciens, cadres, artisans venant d'autres zones, son expérience a pu être partagée, critiquée, et

permettre à d'autres de démarrer des actions dans le stockage d'eau de pluie en ayant des réalisations de référence tant au niveau technique que méthodologique.

BIBLIOGRAPHIE

(sont marqués de : : : : les ouvrages considérés
comme importants pour l'étude du sujet)

Référence

1. MADDOCKS (David).- "An introduction to methods of rainwater collection and storage"
Appropriate Technology. Vol. 2 n° 3.
Construction d'impluvium artificiel au sol en Jamaïque à l'aide de films plastiques.
2. UNICEF/KENYA.- "Appropriate village technology for basic services". UNICEF p. 24-27
Construction de jarres en ciment de 300 à 2 500 l.
- : : : : 3. BICHET (E.), MARTIN (P.).- "Collecte, stockage, utilisation des eaux pluviales dans les pays du Sahel". IRFED, Nov. 1976.
Bibliographie sélective et analytique.
4. MARTIN (P.).- "Collecte et stockage des eaux de pluie". Observation sur divers types d'impluvium. Langomak, Sénégal. IRFED, Oct. 1976.
Etude des coefficients de ruissellement, durée de vie, coûts de différents impluviums (ciment, terre, plastique.
5. MARTIN (P.).- "Collecte et stockage des eaux pluviales". Période 72/74. IRFED.
6. MARTIN (P.).- "Collecte et stockage des eaux pluviales". Méthodologie d'étude de projet. Application à la Côte d'Ivoire. IRFED, avril 1975.
*Construction d'une citerne type "sac à eau", d'un bassin type Botswana.
Calcul de surface d'un impluvium.*
- : : : : 7. HEGRON (Père).- "Comment construire une citerne". Juin 1978, supplément série relais technologique Environnement Africain.
Construction d'une citerne enterrée en ferro-ciment de 22,5 m³.
9. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES.- "Expansion des ressources en eau dans les zones arides. N.A.S., 1977.
p.9-23 - techniques de collecte de l'eau de pluie sur de grandes surfaces.
10. RIK DENYS.- "Eau potable". Information pour l'animation d'une population rurale. Projet Développement Communautaire. Kananga, Zaïre.
p. 16-18 - filtration et purification de l'eau de pluie.
- : : : : 11. INTERNATIONAL FERROCEMENT.- "Ferrocement water tank". Information Center.
Manuel de construction de citernes ferrociment de 0,6 à 10 m³ (très détaillé).

12. WATT (S.B.).- Ferrocement water tank and their construction". Intermediate technology publications.
Précieux ouvrage général traitant la collecte d'eaux de pluies et la construction de moyens de stockage de 300 l. à 150 m³.
13. KREIJNE (H.).- "Het bouwen van een regen wateropslagbak van gewapend beton". Vraabaak, mars 1983.
Construction d'une citerne rectangulaire en béton armé de 30 m³ - plans de ferrailage.
14. CALVERT (K.C.), BINNING (R.J.).- "Low cost water tanks in the Pacific Islands". Kitow New Hebrides. Appropriate Technology, vol. 4, n° 3.
Construction d'une citerne enterrée de 18 m³ en ferrociment sans utilisation de coffrage pour la dalle de couverture.
15. DANCY (H.K.).- "A manual of building construction". Intermediate Technology Publications.
*p. 321-4 citerne en béton armé
p. 342-5 pose de gouttières*
16. VITA.- "Manuel technique du village".
p. 97 à 112-citerne en béton armé - modèles de filtres.
17. SKAT.- "Manuel technique pour l'approvisionnement en eau des zones rurales". Skat, 8 F, St Gall. 1981.
p. 108 - plan d'un réservoir
18. WATERLINES.- July 1982 "Mixing indigenous and introduced technologies".
p. 17 - construction d'une jarre type Ghala impluvium au sol d'argile et bouse de vache au Botswana.
20. WHO INTERNATIONAL REFERENCE CENTER for Community water supply.- "Practical solutions in drinking water supply and wastes disposal for developing countries."
Traitements de l'eau : filtration, désinfection.
22. NISSEN-PETERSEN (Erik).- "Rain catchment and water supply in rural Africa : a manual". Hodder and Stoughton.
Revue des différents moyens de stockage de l'eau et de collecte des eaux de pluie.
23. STERN (Peter).- "Rainwater harvesting". Waterlines, july 1982.
Article de présentation de la collecte des eaux de pluie et de son intérêt agricole.
24. INTERNATIONAL REFERENCE CENTER for Community Water Supply and Sanitation.- "Rainwater harvesting for drinking water supply".
Présentation des différents problèmes rencontrés lors de la collecte et du stockage des eaux de pluie. Calcul du volume de la citerne - qualité de l'eau, etc...

25. WATT (Simon).- "Rainwater storage tanks in Thailand". Appropriate Technology. Vol. 5, n° 2.
Construction de petites citernes en buses de béton empilées.
26. BARNEAUD (J.C.), DESBRUYERES (M.F.).- "Rapport de stage - WLI, Togo". IRFED
Construction d'un bassin Botswana - filtre à sable lent.
27. CIEPAC.- "Recueil et stockage de l'eau de pluie". Bassin type "Botswana".
Manuel de construction d'un bassin type Botswana
28. SECRETARIAT D'ETAT AUX AFFAIRES ETRANGERES, chargé de la Coopération.-
"Techniques rurales en Afrique", Vol. 7 Hydraulique pastorale.
p. 136 construction de mares artificielles.
- **** 29. HALL Nick.- "Water collection from Thatch". Waterlines, July 1982.
Difficultés et quelques remèdes à la collecte d'eau de pluie sur toiture en paille.
30. MANN (H.T.), WILLIAMSON (D.).- "Water treatment and sanitation". Simple methods for rural areas. International Technology Publications.
p. 38-50 Traitements de l'eau
31. WATT (S.B.).- "Wire reinforced cement-mortar water tanks". Appropriate Technology, Vol. 4, n° 2.
Citerne ferrociment renforcée au fil de fer avec moule en tôle ondulée cintrée.
32. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME.- "Rain and Stormwater harvesting in rural areas". Tycooly International Publishing Ltd, Dublin.
Chapitre 3 sur la collecte d'eau de pluie sur toiture et stockage en citerne.
- **** 33. OFFICE NATIONAL DE PROMOTION RURALE.- "Citernes en béton armé, calcul des ferrailages". Département de l'Aménagement et de l'Habitat rural, Côte d'Ivoire. nov. 1978.
Manuel de construction très détaillé de citernes en béton armé de 3 à 140 m³
- **** 36. MARTIN (P.), WEYNS (W.).- "Collecte et stockage des eaux pluviales". (Besoins familiaux) - Manuel pédagogique.- CIEPAC.
Revue des problèmes et quelques solutions (besoins en eau, pluviométrie, stockage, hygiène, etc...)
37. BUILDER (A.).- "L'eau potable". Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1939, ISTOM.
*Stockage des eaux pluviales.
Quelques croquis de séparateurs de la 1ère pluie.*
38. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE .- "Water Harvesting Symposium". Agricultural Research Service, Fev. 1975.
Collecte des eaux pluviales à des fins agricoles sur des impluviums au sol de grandes surfaces.
39. WAGNER (E.G.), LANOIX (J.N.).- "Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations" O.M.S.
p. 171-174 quelques conseils d'hygiène pour la collecte et l'utilisation d'eau de citerne

40. INTERNATIONAL REFERENCE CENTER.- "Small community water supplies".
Technical Paper Series, n° 18.
Revue sommaire des différentes techniques de stockage d'eaux de pluie.
43. ROBINSON (E.H.).- "Construction manuel for 3500 gal. ferrocement water tank".
CEDAR Press. Bridge town, Barbados.
Manuel de construction d'une citerne de 17 m³ en ferrociment avec moule en bois.
44. IWACO B.V.- "Construction manual for a 10 m³ rain water reservoir of ferrocement". IWACO - P.O.Box 183 - Rotterdam.
Manuel de construction d'une citerne ferrociment de 10 m³ et des aménagements annexes.
45. MERCOIRET (J.).- "Inventaire des systèmes de collecte des eaux de pluie au Sénégal". E.N.E.A.
Fiche 5 : recueil de l'eau de pluie sur les troncs de baobab.
46. NOVIEKU (E.C.Y.).- "Rainfall harvesting techniques in Ghana". Water Resources Research Unit Accra- Ghana
Techniques traditionnelles de recueil de l'eau de pluie.
47. WHITESIDE (Martin).- "How to build a water catchment tank ?".
Mahalapye development Trust.
Construction d'une citerne ferrociment enterrée et d'une citerne en briques à dôme.
48. FRICKE (Thomas B.).- "Bamboo-reinforced concrete rainwater collection tanks".
A.T.I. Washington.
Projet en Thaïlande de construction de citernes bambou-ciment - aspects socio-économiques et techniques.
49. LORIFERNE (H.), BESNIER (G.).- "Les réservoirs d'eau de l'antiquité aux temps modernes". Revue "Travaux", juin-juillet 74
Historique des réservoirs de grande taille et évolution des techniques jusqu'à nos jours.
50. VARLAN (G.E.).- "L'étanchéité dans la construction". Collection Eyrolles.
Ouvrage fondamental sur l'évolution des techniques d'étanchéification, traite également des citernes.
52. GERMAIN (Paul).- "Citernes en bambou-ciment pour le stockage de l'eau de pluie". ENDA- Dakar
Citerne de 1 500 l.
53. VENUAT (Michel).- "L'emploi du sang dans la fabrication des mortiers et bétons". Le Moniteur, 3 mars 1980.
Rôle du sang dans l'étanchéification du béton.
55. WATERLINES.- "Bamboocement tanks bring the water closer to home". Waterlines, Vol. 1, n° 1.
Construction de citernes en bambou-ciment.

56. WORLD NEIGHBORS IN ACTION.- "More water for cisterns help store water".
Oklahoma City
Quelques schémas d'installations de citernes.
57. A MAJOR WORLD COMMUNITY.- "Save water save lives".
SERVICE PROJECT, Australie
Manuel de construction d'une citerne en béton armé, moulée.
58. MADDOCKS (David).- "Methods of creating low cost waterproof membranes for use in the construction of rainwater catchment and storage systems".
I.T. Publications, Londres.
59. STERN (Peter).- "Jamaica Rainwater Catchment Project".. I.T. Publications, Londres, bulletin n° 10, juillet 1973.
Impluvium avec revêtement en feuille d'aluminium.
60. UNIVERSITY OF NAIROBI.- "Appropriate building technology. Katangi Agricultural (project. Udugu Society of Kenya).
Housing Research and Development Unit.
Construction d'une citerne ferrociment enterrée.
61. VITRUE.- "Les dix livres d'architecture. Ed. Balland.
p. 259: Technique antique de construction de citernes.
62. MARTIN (P.).- "Les cases annuaires à impluvium et l'approvisionnement en eau".
articles ronéo. Nov. 1976.
63. BRUFFAERTS (J.C.).- "Fabrication d'une jarre pour stocker l'eau ou le grain".
DARNDR- Haïti.
Construction d'une jarre en ciment renforcé de fibres de sisal.
64. WATER FOR THE WORLD.- Technical notes - RW 5 Water storage
RW 1 Surface water
A.I.D. Washington.
Notes pédagogiques sur le recueil et stockage des eaux de pluie.
65. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME.- "Rain and storm water harvesting for additional water supply in rural areas". UNIPUB - New-York.
66. KELLER (Kent).- Rainwater harvesting for domestic water supplies in developing countries". W.A.S.H. - U.S.A.I.D. Washington.
Ouvrage général sur la collecte et le stockage des eaux de pluie.
67. GROVER (Brian).- "Harvesting precipitation for community water supplies".
*Etude de cas pour Manda Island - Kenya
Analyse rationnelle des systèmes de stockage des eaux de pluie.*
68. McJUNKIN (F. Eugène).- "Water and Human Health". U.S. A.I.D. Washington.
Maladies transmises par l'eau - analyses de l'eau - Traitements de l'eau.

69. FRASIER (Gary W.)... "Installation of Asphalt-fiberglass linings for reservoirs and catchments". United States Water. Conservation Laboratory-Phoenix (U.S.).
Revêtement d'impluvium à l'asphalte et fibres de verre.
70. KAUFMAN (Marcus).- "From Ferro to Bamboo - A case study and technical manual to a rainwater catchment tank project". Yayasan Dian Desa, Indonésie.
Construction d'une citerne bambou ciment de 4,5 m³
71. DIXEY (Frank).- "A practical handbook of water supply". Thomas Morby & Co Londres.
p. 39 Citerne en brique renforcée de fil de fer barbelé
72. INTERNATIONAL REFERENCE CENTER.- "Guidelines on Health Aspects of Plumbing" Technical Paper Series n° 19.
"La Hague"
p. 155 Calcul des gouttières à partir de l'intensité des pluies.
74. ROBLES-AUSTRIACO... "Ferrocement for the water decade". Journal of ferrocement. Vol. 11, n° 3
Revue des utilisations du ferrociment pour le stockage d'eau.
75. SHARMA (P.C.)- "Use of ferrocement for waterproofing". Journal of ferrocement. Vol. 10, n° 2
Solutions aux problèmes d'étanchéité avec le ferrociment.
76. TANKRUSH (Sangehai).- "Bamboo-cement water tank - A solution to water shortage problem in Thailand". Journal of ferrocement, vol. 11, n° 3
Construction de citerne en bambou ciment en Thaïlande.
77. WINARTO.- "Rainwater collection tanks constructed on self-help basis". Journal of ferrocement. Vol. 11, n° 3
Construction de citerne en bambou-ciment.
78. BAYARD (Aline).- "Citernes". Maisons paysannes de France, n° 4, 1976.
Article de 3 pages de présentation générale - quelques modèles anciens.
79. "Proceedings of the International conference on Rainwater cistern systems". Water Resources, Resources Center, University of Hawai.
48 communications d'experts sur la collecte et le stockage d'eau dans les citernes.
80. PELISSIER (Paul).- "Les Diola : Etude sur l'habitat des riziculteurs de Basse Casamance". Cahiers d'Outre-Mer, déc. 1958, Bordeaux.
Les cases annuaires à impluvium.
81. BERNUS (Edmond).- "Un type d'habitat ancien en Côte d'Ivoire". Cahiers d'Outre-Mer, n° 65, 1964.
La maison annuaire à impluvium des Dida Mimini.

82. CHAMPLY (René).- "Plomberie, eau, water-closets, paratonnerres". 1929.
Librairie Desforges & Girardot.
Description de la citerne vénitienne
83. BARNEAUD (J.C.).- "Recueil et stockage de l'eau de pluie, sac à eau".
IRFED, Paris.
84. LATHAM (Brian G.).- "Report to I.T.D.G. on rainwater collection programmes
of Yayasan Dian Desa in Indonesia".- I.T.D.G., septembre 1983
*Evaluation d'un programme de construction de
citernes bambou-ciment.*
85. CENTRES DE MADIAN-SALAGNAC-HAITI.- "Amélioration des conditions d'approvi-
sionnement en eau dans le cadre de l'exploitation agricole". Section de la
Recherche - Projet Salagnac.
86. GAZEL (Raymond).- "Plan de fosses septiques et de citernes". 1961.
Plan d'un filtre d'entrée de citerne.
87. DUNCAN MARA.- "Simple bacteriological analysis of drinking water supplies".
Appropriate Technology Journal, vol. 3, n° 3.
*Méthode d'analyse par dilution multiple peu coû-
teuse applicable sur le terrain avec un minimum
de matériel.*
88. WRIGHT (Roger C.).- "Appropriate field-stations for the bacterial analysis
of water supplies in Tropical developing countries". Appropriate techno-
logy Journal, Vol. 8, n°4.
Méthode d'analyse par filtration sur membrane.
89. G.R.D.- "Impacts de la construction des citernes sur l'exploitation paysanne
Plateau de Rochelois". Port au Prince 1981.
90. LOHIER (Frantz Michel).- "Evaluation de l'impact de l'introduction de ci-
ternes dans les systèmes de production paysans du Plateau de Rochelois".
Faculté d'Agronomie - Haïti.
91. JEAN TRUJIL (François).- "Situation d'approvisionnement en eau de citerne
à Moneyron". Madian-Salagnac/SERA - Haïti.