



MICROFICHE N°

08768

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE
DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F

1



GUIDE

DE L'ECONOMIE DE L'EAU EN IRRIGATION
DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

LES SYSTEMES ETANCHES
DE TRANSPORT D'EAU

Première édition
1985

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION GENERALE DU GENIE RURAL



PROJET TUN 91/002

GUIDE

DE L'ECONOMIE DE L'EAU EN IRRIGATION
DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

LES SYSTEMES ETANCHES
DE TRANSPORT D'EAU

Première édition
1995

TABLE DES MATIERES

	Pages
PREFACE	
INTRODUCTION	1
A - LA CLASSIFICATION DES SYSTEMES DE TRANSPORT D'EAU D'IRRIGATION	3
1 - Le système à ciel ouvert	
2 - Le système gravitaire ou basse pression	
3 - Le système à moyenne pression	
4 - Le système à haute pression	
B - LE SYSTEME GRAVITAIRE EN CANAUX ETANCHES	5
1 - Applicabilité	
2 - Avantages	
3 - Contraintes	6
4 - Dimensionnement des canaux	8
5 - Dispositions constructives générales	10
5 - 1 Sois de fondation	
5 - 2 Types de revêtements des canaux	
6 - L'exécution du revêtement en béton de ciment	13
6 - 1 Préparation du sol de fondation	
6 - 2 Epaisseur du revêtement et joints	
6 - 3 Qualité du béton	16
6 - 4 Revêtement mis en place à la main	
7 - Les canaux préfabriqués	16
8 - Ouvrages annexes	19
8 - 1 Ouvrages de raccordement	
8 - 2 Prises d'eau au niveau des parcelles d'irrigation	23
9 - La mesure des débits	28
C - LE SYSTEME DE CANALISATIONS ENTERREES	31
1 - Conditions d'application	32
2 - Avantages	
3 - Contraintes	
4 - Les dispositions constructives générales	33
4 - 1 Matériaux	
4 - 2 La pose des canalisations	
Caractéristiques générales des tuyaux en Tunisie	24

5 - Ouvrages annexes	36
5 - 1 Ouvrages de raccordement - interfaces	40
5 - 2 Ouvrages d'un réseau enterré de type californien	41
5 - 3 Ouvrages d'un réseau sous-pression	41
D - LE SYSTEME DE CANALISATIONS TEMPORAIRES	47
1 - Conditions d'application	48
2 - Matériaux	48
3 - Installations	48
ANNEXES	50
I - Abaque - Canal en terre revêtu de béton	
II - Abaque - Canal rectangulaire en béton	
III - Revêtement des canaux d'irrigation et leurs caractéristiques principales	

Préface

L'économie de l'eau en irrigation constitue un domaine très vaste qui a trait à plusieurs aspects en relation avec le transport de l'eau, son application en fonction des besoins des cultures, et sa valorisation pour un meilleur rapport. Le Projet "Formation et Développement pour l'Economie d'Eau en Irrigation" - TUN 91 - 002 PNUD - FAO a œuvré pour la mise au point de divers programmes de formation et de documents à caractère pédagogique ou de vulgarisation, afin de renforcer les capacités de la Tunisie dans les domaines précités.

Le présent guide sur les systèmes étanches de transport d'eau entre dans le cadre de cet effort, en vue de fournir aux techniciens, aux vulgarisateurs et aux agriculteurs avertis des solutions alternatives pour réduire les pertes d'eau d'irrigation à un certain niveau de l'exploitation agricole, entre le point d'eau et la parcelle de cultures à irriguer.

Au cours du travail qu'a exigé la préparation de ce guide, on a pu non seulement profiter de l'expérience propre à la Tunisie, mais aussi de la lecture d'une masse importante de documents sur les acquis dans ce domaine à l'échelle internationale. L'objectif est d'éclairer les utilisateurs de ce guide sur les différentes possibilités qui tiennent compte de la diversité des "paysages" et des traditions de la Tunisie, des conditions particulières de l'exploitation agricole, et des capacités économiques et de maîtrise de la technique par l'irrigant.

Préface

L'économie de l'eau en irrigation constitue un domaine très vaste qui a trait à plusieurs aspects en relation avec le transport de l'eau, son application en fonction des besoins des cultures, et sa valorisation pour un meilleur rapport. Le Projet "Formation et Développement pour l'Economie d'Eau en Irrigation" - TUN 91 - 002 PNUD - FAO a œuvré pour la mise au point de divers programmes de formation et de documents à caractère pédagogique ou de vulgarisation, afin de renforcer les capacités de la Tunisie dans les domaines précités.

Le présent guide sur les systèmes étanches de transport d'eau entre dans le cadre de cet effort, en vue de fournir aux techniciens, aux vulgarisateurs et aux agriculteurs avertis des solutions alternatives pour réduire les pertes d'eau d'irrigation à un certain niveau de l'exploitation agricole, entre le point d'eau et la parcelle de cultures à irriguer.

Au cours du travail qu'a exigé la préparation de ce guide, on a pu non seulement profiter de l'expérience propre à la Tunisie, mais aussi de la lecture d'une masse importante de documents sur les acquis dans ce domaine à l'échelle internationale. L'objectif est d'éclairer les utilisateurs de ce guide sur les différentes possibilités qui tiennent compte de la diversité des "paysages" et des traditions de la Tunisie, des conditions particulières de l'exploitation agricole, et des capacités économiques et de maîtrise de la technique par l'irrigant.

INTRODUCTION

1 - Le transport de l'eau à l'intérieur de l'exploitation agricole constitue une partie intégrante de tout programme d'économie d'eau dans le domaine de l'irrigation. L'eau prélevée des prises sur les réseaux collectifs dans les périmètres publics irrigués, ou des puits de surface et des cours d'eau doit souvent être amenée jusqu'aux parcelles irriguées pour couvrir les besoins des cultures.

Dans les zones où l'irrigation traditionnelle est pratiquée, le système de transport est généralement constitué de canaux en terre qui engendrent des pertes d'eau importantes, atteignant souvent 30 à 50 % du volume d'eau véhiculé, en fonction de la perméabilité du sol. Le débit arrivant en tête de la parcelle à irriguer devient alors insuffisant, ce qui risque de perturber la conduite de l'irrigation : insuffisance de la dose d'irrigation, prolongation du tour d'eau, etc. L'efficacité du système de transport a donc des répercussions évidentes sur le déroulement de l'irrigation à la parcelle.

L'objectif de ce guide est d'informer les utilisateurs sur les différents systèmes de transport d'eau possibles, en fonction des matériaux actuellement disponibles en Tunisie, de l'adaptation de ces systèmes aux modes d'irrigation à la parcelle (gravitaire, aspersion, localisé), des dispositions constructives minimales ou des normes techniques à appliquer en vue d'obtenir une meilleure durabilité des ouvrages.

2 - Le choix d'un système de transport doit s'appuyer sur une analyse pertinente des contraintes suivantes :

- La disponibilité et le coût de la main d'œuvre ;
- La disponibilité de se procurer le matériel mécanisé et les matériaux pour la construction ;
- La méthode d'irrigation envisagée ;
- Le mode d'exploitation du système et l'importance des travaux d'entretien ;
- La taille de l'exploitation agricole ;
- Les techniques habituellement utilisées dans la région.

C'est peut être, en fin de compte, les disponibilités de main d'œuvre, qualifiée et non qualifiée, qui constituent le facteur le plus susceptible de créer des différences entre les diverses méthodes possibles. Il serait impensable, en effet, d'utiliser des procédés hautement mécanisés dans une région dépourvue de moyens de mécanisation.

Suivant les circonstances, certains systèmes de transport pourraient fort bien devenir irréalisables, alors qu'au même moment un autre type techniquement supérieur se révélerait comme économiquement valable.

3 - Les différents systèmes exposés dans ce guide pourraient convenir à diverses situations :

- Le transport d'eau à l'intérieur d'une exploitation agricole desservie par un point d'eau limitrophe, en vue d'arroser les différentes parcelles
- La distribution d'eau entre les divers éléments d'une parcelle irriguée de grande superficie.
- La distribution d'eau entre des petites exploitations agricoles dans un secteur d'irrigation desservi par un réseau collectif tertiaire, lequel est alimenté à partir d'une borne d'irrigation (cas des oasis).
- La distribution d'eau entre les exploitations agricoles d'un périmètre irrigué de faible superficie.

Mais ce guide à caractère pratique n'a pas la prétention d'être exhaustif, son objectif est de servir comme un simple canevas aux techniciens et aux agriculteurs avertis. L'exercice de l'imagination est donc nécessaire pour une meilleure adaptation du contenu de ce guide aux conditions réelles du terrain et à la configuration de l'exploitation agricole.

Dans tous les cas, le technicien ou le vulgarisateur devra instaurer un dialogue avec l'exploitant agricole pour mieux apprécier la situation de ce dernier, et l'informer des avantages et des limites de son choix sur les plans technique et financier.

A - LA CLASSIFICATION DES SYSTEMES DE TRANSPORT DE L'EAU D'IRRIGATION

Les différents systèmes de transport de l'eau d'irrigation peuvent être classés comme suit :

1 - Le système à ciel ouvert

L'écoulement de l'eau est assuré grâce à la pente du terrain à irriguer dans un système de canaux à ciel ouvert, dont l'étanchéité est rendue possible grâce à divers procédés (matières solides en suspension, eau entartrante, algues et débris végétaux, etc).

Ce système convient parfaitement lorsque l'irrigation de surface est pratiquée au niveau des parcelles, ou lorsque la qualité des eaux exige des précautions particulières.

2 - Le système gravitaire ou à basse pression

L'écoulement de l'eau est assuré grâce à la pente du terrain, lorsque celle-ci est suffisante, ou à une faible charge amont (1 à 5 m CE) dans un réseau de canalisations généralement enterrées. Des prises d'eau en tête des parcelles à irriguer permettent de les desservir gravitairement.

3 - Le système à moyenne pression

C'est un système en conduites enterrées similaires au précédent, mais nécessite une charge amont de 1 à 4 bars permettant d'obtenir aux prises à la parcelle des pressions suffisantes pour faire fonctionner certains procédés d'irrigation de surface améliorée (rampes à vannettes) ou d'irrigation localisée (rampes perforées, gaines, micro-aspersion, etc) ou d'irrigation par aspersion avec rampes mobiles.

La charge amont nécessaire au fonctionnement de ce système est assurée normalement par la borne d'irrigation si l'on est branchée sur un réseau d'irrigation collectif ou par une station de pompage individuelle.

4 - Le système à haute pression

Ce système s'apparente au précédent, mais fonctionne avec une charge amont entre 5 et 10 bars autorisant une pression entre 4 et 6 bars au niveau des prises d'eau à la parcelle.

Le système à haute pression permet l'emploi de certains appareils d'irrigation par aspersion selon la charge disponible à la prise : aspersion à grand écartement (18x18, 24x24), canons, enrouleurs, pivots, etc. Il est adapté à la grande exploitation agricole, et nécessite souvent une mise en pression grâce à une station de pompage individuelle.

A - LA CLASSIFICATION DES SYSTEMES DE TRANSPORT DE L'EAU D'IRRIGATION

Les différents systèmes de transport de l'eau d'irrigation peuvent être classés comme suit :

1 - Le système à ciel ouvert

L'écoulement de l'eau est assuré grâce à la pente du terrain à irriguer dans un système de canaux à ciel ouvert, dont l'étanchéité est rendue possible grâce à divers procédés (matières solides en suspension, eau entartrante, algues et débris végétaux, etc).

Ce système convient parfaitement lorsque l'irrigation de surface est pratiquée au niveau des parcelles, ou lorsque la qualité des eaux exige des précautions particulières.

2 - Le système gravitaire ou à basse pression

L'écoulement de l'eau est assuré grâce à la pente du terrain, lorsque celle-ci est suffisante, ou à une faible charge amont (1 à 5 m CE) dans un réseau de canalisations généralement enterrées. Des prises d'eau en tête des parcelles à irriguer permettent de les desservir gravitairement.

3 - Le système à moyenne pression

C'est un système en conduites enterrées similaires au précédent, mais nécessite une charge amont de 1 à 4 bars permettant d'obtenir aux prises à la parcelle des pressions suffisantes pour faire fonctionner certains procédés d'irrigation de surface améliorée (rampes à vannettes) ou d'irrigation localisée (rampes perforées, gaines, micro-aspersion, etc) ou d'irrigation par aspersion avec rampes mobiles.

La charge amont nécessaire au fonctionnement de ce système est assurée normalement par la borne d'irrigation si l'on est branchée sur un réseau d'irrigation collectif ou par une station de pompage individuelle.

4 - Le système à haute pression

Ce système s'apparente au précédent, mais fonctionne avec une charge amont entre 5 et 10 bars autorisant une pression entre 4 et 6 bars au niveau des prises d'eau à la parcelle.

Le système à haute pression permet l'emploi de certains appareils d'irrigation par aspersion selon la charge disponible à la prise : aspersion à grand écartement (18x18, 24x24), canons, enrouleurs, pivots, etc. Il est adapté à la grande exploitation agricole, et nécessite souvent une mise en pression grâce à une station de pompage individuelle.

Le choix entre l'un ou l'autre des systèmes précédents dépend en premier lieu de sa faisabilité sur le plan technique et économique, mais particulièrement de la stratégie de l'agriculteur à court et à long terme. L'agriculteur qui adopte actuellement une méthode d'irrigation gravitaire peut évoluer dans le futur vers d'autres méthodes nécessitant une pression d'eau à l'utilisation. Le réseau de distribution interne à l'exploitation devra pouvoir s'y adapter surtout lorsque le réseau est enterré (choix de la classe de pression des conduites).

Certaines précautions liées aux conditions locales doivent aussi guider ce choix :

- Le problème d'inter-face entre les ouvrages de distribution existant sur le réseau collectif dans les périmètres publics irrigués et le réseau interne aux exploitations agricoles mérite d'être bien étudié : ouvrages de raccordement et d'adaptation, réservoir individuel, etc.

- La qualité physique de certaines eaux d'irrigation (éléments solides et organiques, etc) impose souvent la construction d'un ouvrage de décantation et de filtration à l'amont du réseau pour éviter l'accumulation des dépôts dans les conduites enterrées ou l'obstruction de certains appareils d'arrosage (aspenseurs, goutteurs).

Le choix entre l'un ou l'autre des systèmes précédents dépend en premier lieu de sa faisabilité sur le plan technique et économique, mais particulièrement de la stratégie de l'agriculteur à court et à long terme. L'agriculteur qui adopte actuellement une méthode d'irrigation gravitaire peut évoluer dans le futur vers d'autres méthodes nécessitant une pression d'eau à l'utilisation. Le réseau de distribution interne à l'exploitation devra pouvoir s'y adapter surtout lorsque le réseau est enterré (choix de la classe de pression des conduites).

Certaines précautions liées aux conditions locales doivent aussi guider ce choix :

- Le problème d'inter-face entre les ouvrages de distribution existant sur le réseau collectif dans les périmètres publics irrigués et le réseau interne aux exploitations agricoles mérite d'être bien étudié : ouvrages de raccordement et d'adaptation, réservoir individuel, etc.

- La qualité physique de certaines eaux d'irrigation (éléments solides et organiques, etc) impose souvent la construction d'un ouvrage de décantation et de filtration à l'amont du réseau pour éviter l'accumulation des dépôts dans les conduites enterrées ou l'obstruction de certains appareils d'arrosage (aspenseurs, goutteurs).

**LE SYSTEME GRAVITAIRE
EN
CANAUX ETANCHES**

B - LE SYSTEME GRAVITAIRE EN CANAUX ETANCHES

1 - APPLICABILITE

Des canaux en terre sont actuellement employés par la grande majorité des agriculteurs dans les périmètres privés, irrigués à partir des puits de surface (Fig -1-), ou dans les périmètres publics destinés à l'irrigation gravitaire (Fig -2-).

Même dans tous les périmètres publics irrigués du Nord-Est, du Centre et du Sud du pays, les agriculteurs adoptent encore les séguias en terre de type traditionnel, malgré le caractère moderne des réseaux collectifs (canaux préfabriqués, conduites à basse pression).

Le remplacement des séguias en terre par des canaux étanches constituera un progrès important dans l'économie de l'eau d'irrigation à l'intérieur des exploitations agricoles (canaux quaternaires), et dans l'amélioration des conditions de gestion de l'eau des quartiers d'irrigation, particulièrement dans les oasis (canaux tertiaires).

Bien que ce système soit associé à l'irrigation de surface (bassins, planches, sillons) il peut s'adapter facilement à d'autres méthodes d'irrigation à la parcelle nécessitant de la pression (aspersion, irrigation localisée). En effet, une station de pompage permanente ou mobile, peut être établie sur les canaux à ciel ouvert et alimenter directement les installations d'irrigation à la parcelle.

2 - AVANTAGES

Le système gravitaire en canaux étanches possède les avantages suivants :

- La possibilité d'utiliser pour sa construction de la main d'œuvre et des matériaux disponibles localement.
- L'adaptation aux conditions financières des agriculteurs grâce à divers procédés possibles d'étanchéisation des canaux.
- Tous les ouvrages composant le système sont visibles, ce qui facilite les interventions directes de l'agriculteur pour l'exploitation et l'entretien.
- Il constitue encore le seul système adapté aux eaux géothermales refroidies, dans les oasis du Sud. Ces eaux sont en général fortement entartrantes.

3 - CONTRAINTES

Les contraintes majeures du système gravitaire sont les suivantes :

- En cas où le terrain est de forte pente, le système nécessite de nombreux ouvrages d'adaptation, parfois coûteux (chutes, ouvrages de raccordement, etc).

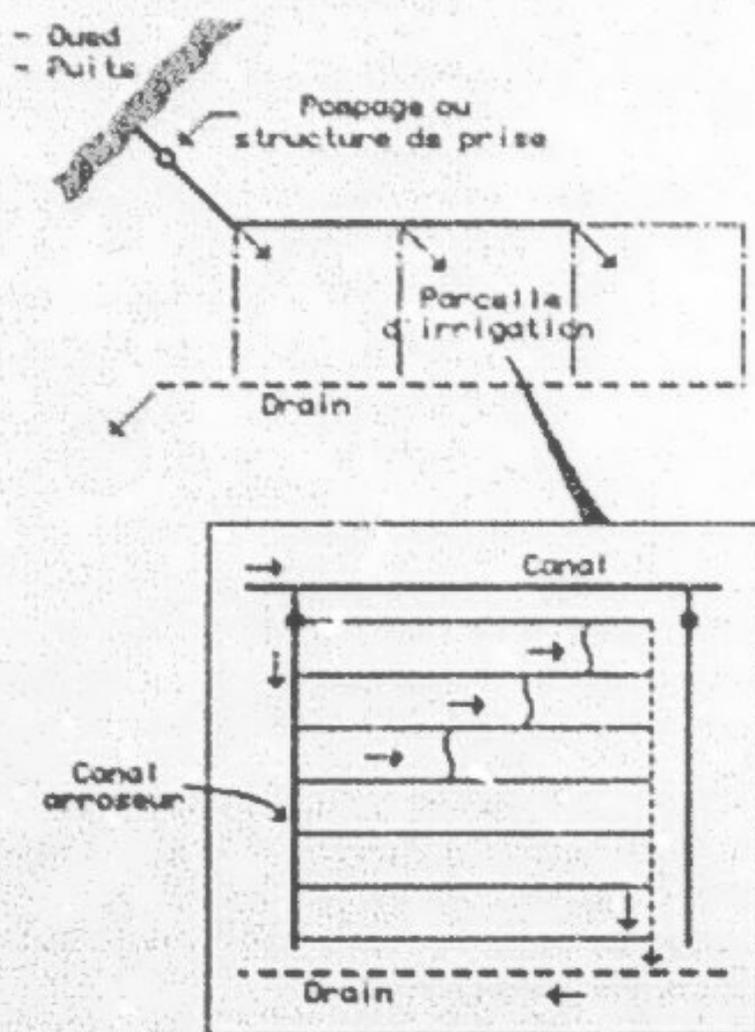


Fig. 1 - Disposition type de canaux dans une exploitation agricole irriguée à partir d'une source d'eau individuelle.

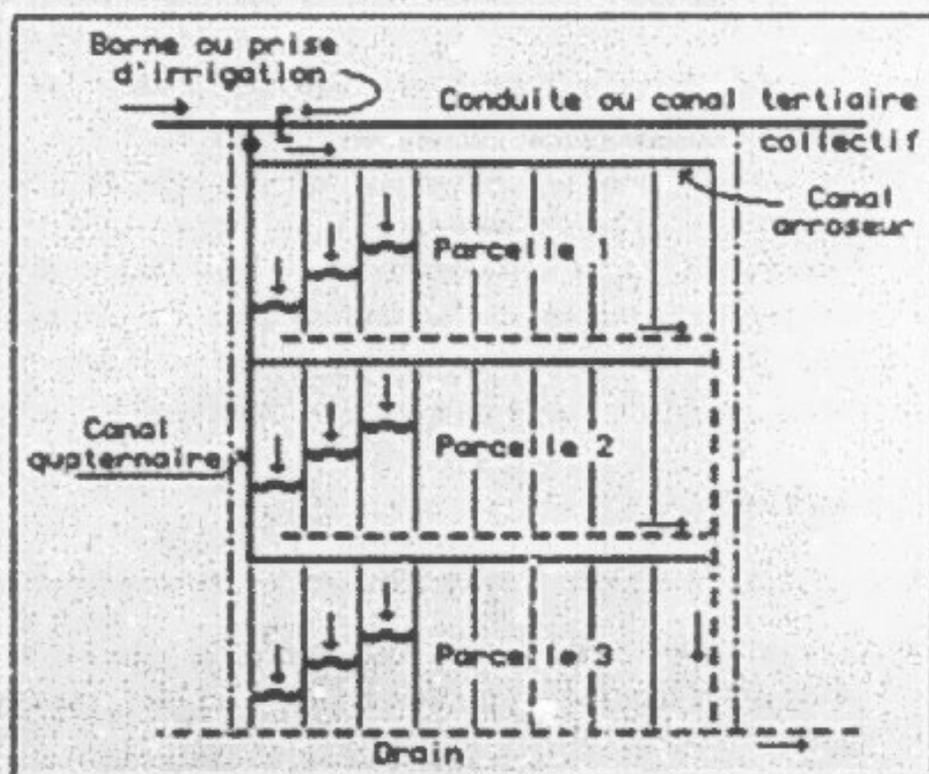


Fig. 2 - Disposition type de canaux dans une exploitation agricole irriguée à partir d'un réseau collectif sur un périmètre public

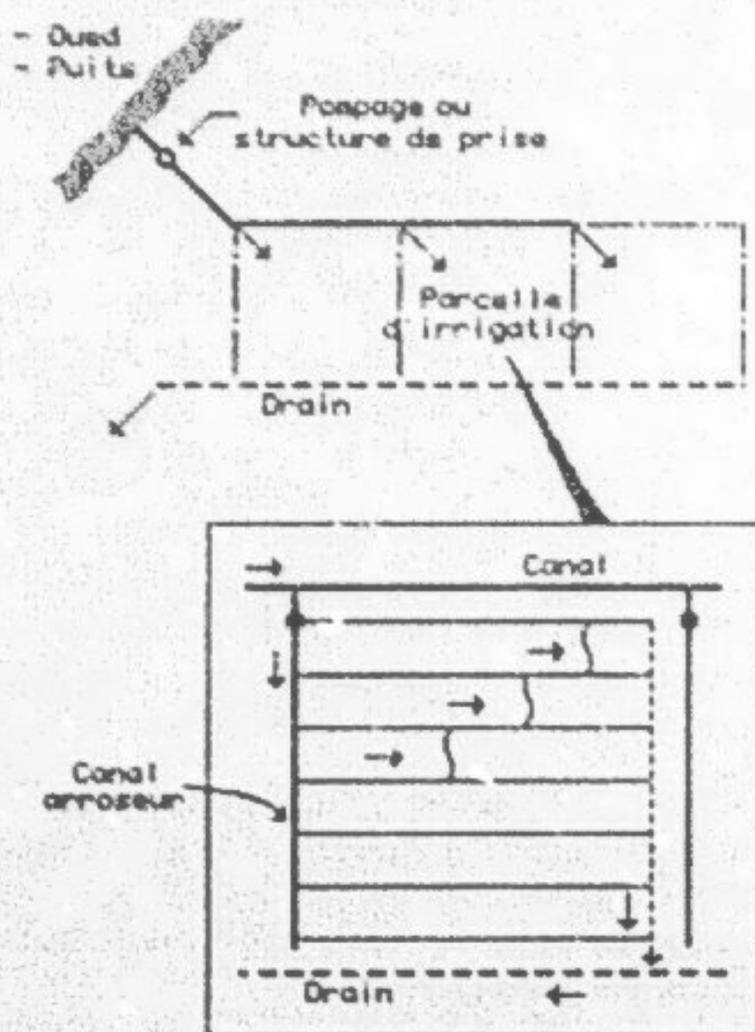


Fig. 1 - Disposition type de canaux dans une exploitation agricole irriguée à partir d'une source d'eau individuelle.

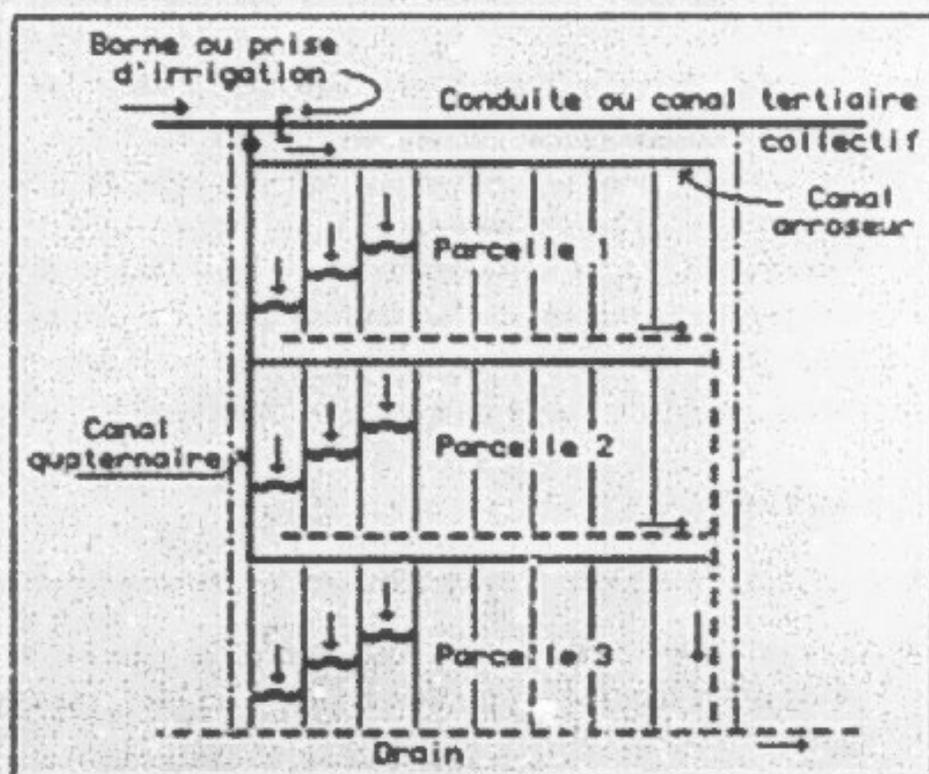


Fig. 2 - Disposition type de canaux dans une exploitation agricole irriguée à partir d'un réseau collectif sur un périmètre public

- Les sols à argile gonflante sont à éviter pour assurer une stabilité convenable des ouvrages.
- La régulation du débit nécessite l'intervention de l'irrigant à l'amont du système.

4 - DIMENSIONNEMENT DES CANAUX

Les mains d'eau utilisées en irrigation sont variables en Tunisie, elles sont normalement de 5 l/s à 30 l/s selon les périmètres et les régions.

Il est recommandé de normaliser dans une même région les dimensions de ces canaux pour permettre aux petites entreprises et aux maçons d'adapter leurs outils de construction (coffrage en particulier) à un type déterminé d'ouvrage.

A titre d'orientation, l'on peut préconiser deux types de canaux à bétonner :

- *Canal de forme trapézoïdale* (Fig -3-) :
 - base : 0,25 m
 - hauteur totale : 0,30 mètre
 - pente de talus : 1/1
- *Canal de forme rectangulaire* (Fig -4-) :
 - base : 0,30 m
 - hauteur totale : 0,25 à 0,35 m selon les débits

Les deux types de canaux, de dimensions ainsi fixées, s'adaptent à diverses conditions de pente et de débit, la hauteur d'eau dans la canal varie en conséquence en laissant une revanche plus ou moins importante (> 5 cm).

Les abaques de l'annexe I et de l'annexe II permettent d'apprécier les caractéristiques de l'écoulement respectivement pour le canal trapézoïdal et le canal rectangulaire sus-indiqués. Les résultats sont tirés de l'emploi de la formule suivante sur le régime d'écoulement permanent et uniforme :

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

- Q : débit du canal (m³/s)
- S : section de l'écoulement (m²)
- R : périmètre mouillé (m)
- i : pente longitudinale du canal (m/m)
- K_s : coefficient en rapport avec l'état de rugosité de la paroi du canal. K_s a été pris égal à 70 dans les abaques en annexe, en considérant un béton de ciment bien fini (K_s = 60 : exécution moyenne).

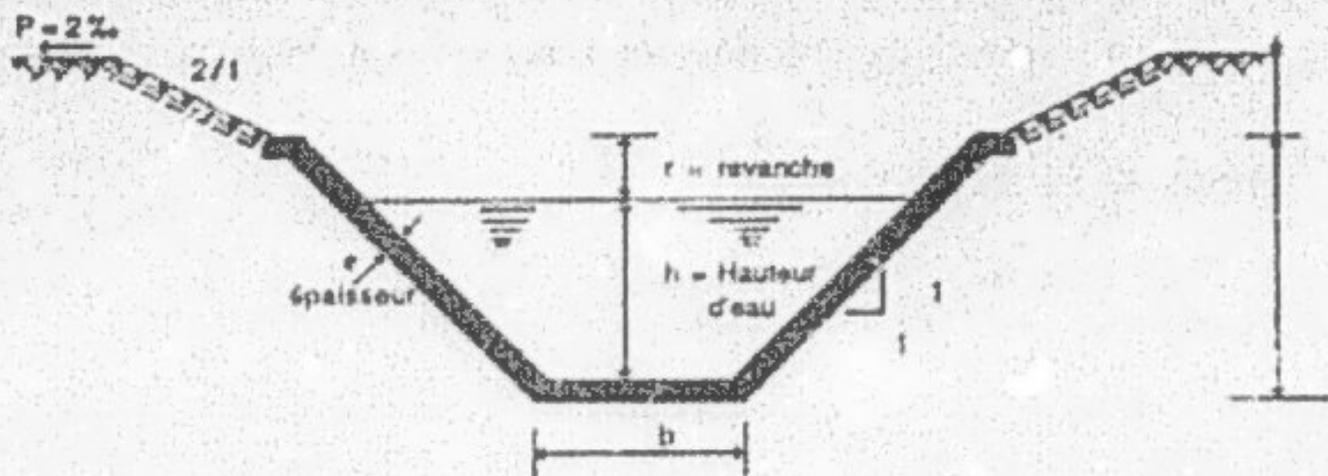


Fig. 3 - Section transversale type d'un canal trapézoïdal revêtu

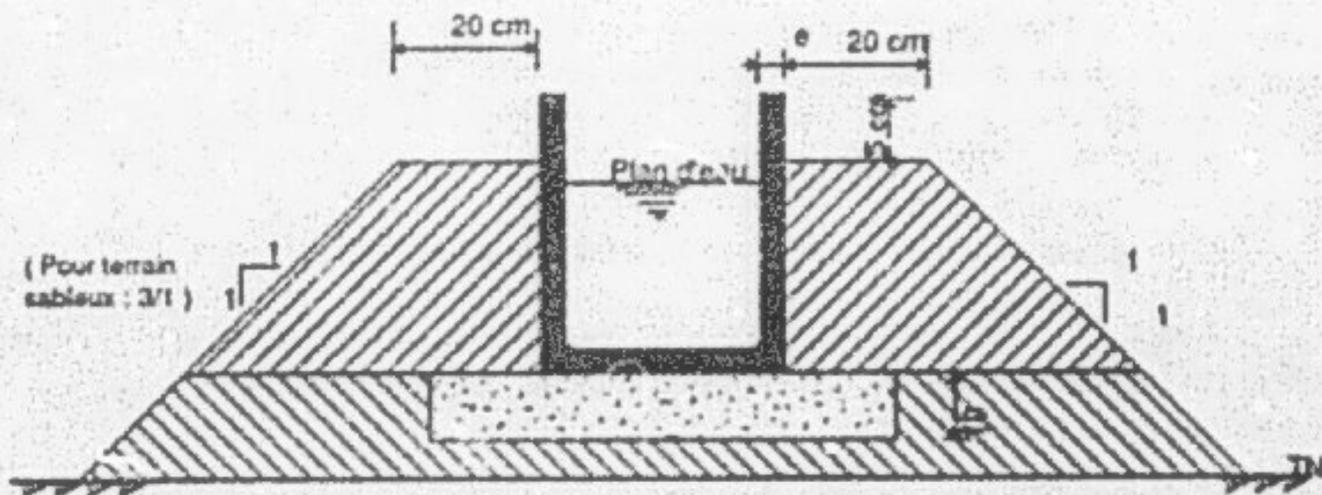


Fig. 4 - Section transversale type d'un canal rectangulaire en remblais

-  Remblais compactés avant coulage
-  Remblais après coulage
-  Béton
-  Lit de pose

5 - DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GENERALES

5 - 1 Sols de fondation

Selon la pente du terrain, le canal peut être disposé en déblai ou en remblai. Dans tous les cas une fondation ferme et stable représente une condition préalable à la bonne tenue des revêtements. On pourra ainsi réduire le nombre et l'importance des fissures, et le danger d'une rupture causée par le tassement du sous-sol.

Les précautions suivantes sont à prendre :

- Il faut éviter d'utiliser les argiles, car elles se dilatent lorsqu'elles sont mouillées, et de ce fait constituent un risque pour les revêtements. Lorsque des argiles gonflantes sont rencontrées, l'on peut charger le sol par une autre terre compactée ou remplacer l'argile par du sable ou du gravier. Un traitement de l'argile à la chaux peut être envisagé.

- Les sols gypseux constituent un autre risque pour les revêtements. Au contact du gypse, l'eau dissoudra les sels qui se trouvent dans le sol en créant des cavités susceptibles d'entraîner de sérieux dégâts. L'étanchéisation parfaite du canal s'impose dans ce cas.

- Pour le canal disposé en remblais (Fig. 4-), on devra enlever de son futur emplacement les matériaux d'origine qui se révéleraient inacceptables avant de procéder à la mise en place du remblai et à son compactage. Les remblais doivent être compactés au moins jusqu'à la hauteur du revêtement.

- Il est recommandé de traiter le sol avec un produit herbicide lorsqu'on doit placer des revêtements sur des canaux anciens envahis par des herbes. Le chlorate de sodium, en solution de 5 % dans l'eau à raison de 2 litres par m², est un bon stérilisant.

5 - 2 Types de revêtement des canaux

Il n'est pratiquement pas de matériaux qui n'ait été utilisé pour revêtir des canaux en terre. On peut, d'une manière générale, distinguer les revêtements à surface dure, les membranes et les revêtements en terre. Aucun type de revêtement déterminé n'apparaît comme étant, en toutes circonstances, moins économique ou d'un emploi plus satisfaisant : Chaque type a ses mérites particuliers. Ce choix doit s'appuyer sur une analyse très soignée des conditions locales et des possibilités financières de l'irrigant.

L'annexe III présente les caractéristiques des divers types de revêtements connus qui peuvent s'adapter aux conditions régionales de la Tunisie. On distingue en particulier :

- Sol-ciment : le revêtement se construit avec des mélanges de sables sableux, de ciment et d'eau qui se durcissent en donnant un matériau semblable à du béton.
- Béton d'asphalte : un mélange de sable, de gravier et d'asphalte est employé presque de la même manière que le béton de ciment.
- Pierres liées par mortier.

Les revêtements en membranes

Des membranes en polymères d'utilisation courante peuvent être enterrées ou non enterrées.

Les membranes enterrées sont efficaces et résistent mieux à l'influence des rayons solaires, aux intempéries et à l'érosion (Fig -5-).

Les membranes les plus utilisées sont :

- Le chlorure de polyvinyle (PVC) :
 - épaisseur minimale : 0,2 - 0,3 mm.
 - résistance à l'exposition du soleil : médiocre
 - coût : moyen.
- Le polyéthylène (PE)
 - épaisseur min. : 0,2 - 0,3 mm.
 - résistance à l'exposition du soleil : très médiocre
 - coût : avantageux.
- Le Butyl (non renforcé)
 - épaisseur min. : 0,76 mm.
 - résistance à l'exposition du soleil : bonne
 - coût : le plus cher.

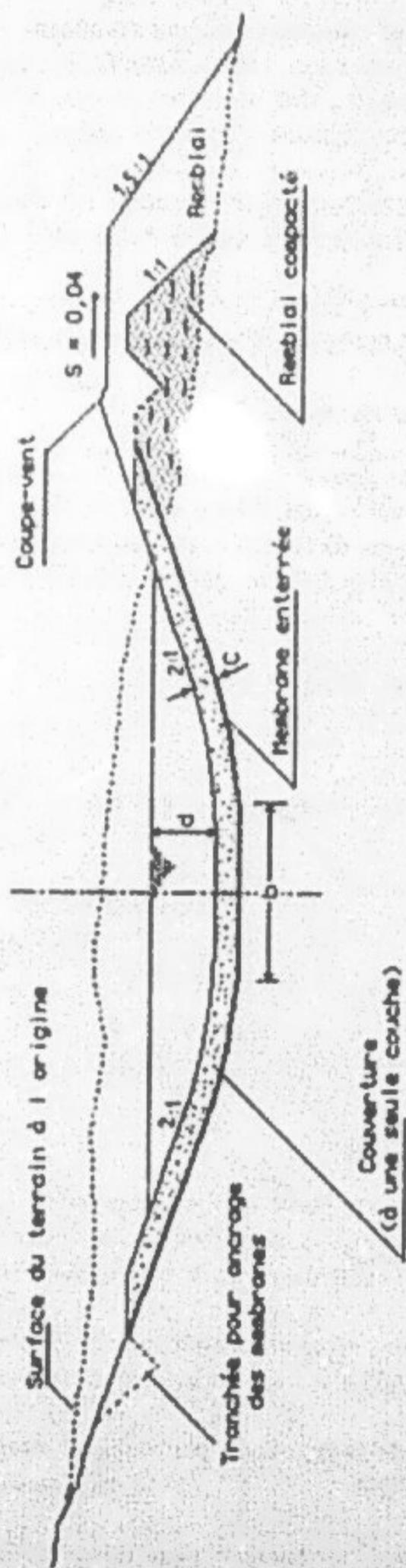


Fig. 3 - Section transversale type de l'installation d'un revêtement par membrane plastique enterrée

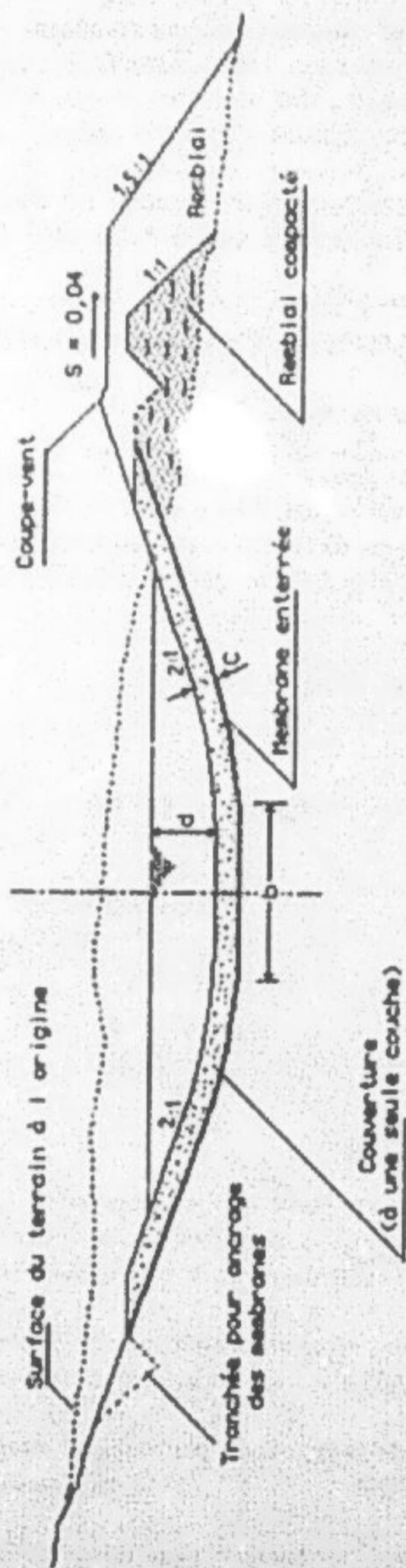


Fig. 3 - Section transversale type de l'installation d'un revêtement par membrane plastique enterrée

Les revêtements en terre

Les revêtements en terre sont tous ceux qui sont composés de terre compactée, de mélanges d'argile, et de sols mélangés avec certains additifs destinés à la stabilité, tels que des résines, des produits chimiques, des asphaltes et des dérivés de l'industrie pétrolière.

Le revêtement qui semble avoir acquis le consentement d'une bonne partie des agriculteurs est celui en béton de ciment. L'exécution de ce type de revêtement sera détaillée ci-après.

6 - L'EXECUTION DU REVETEMENT EN BETON DE CIMENT (Fig -6-)

6 - 1 Préparation du sol de fondation

- Les dispositions indiquées dans le paragraphe 5 - 1 doivent être respectées.
- Le sous-sol est à humidifier complètement avant de placer le revêtement, sans qu'il s'y forme de la boue ou des flaques d'eau. On peut ainsi imperméabiliser le sous-sol dans certaines conditions avec du papier huilé au pétrole brut ou d'autres matériaux de colmatage temporaire approprié et bon marché.

6 - 2 Épaisseur du revêtement et joints

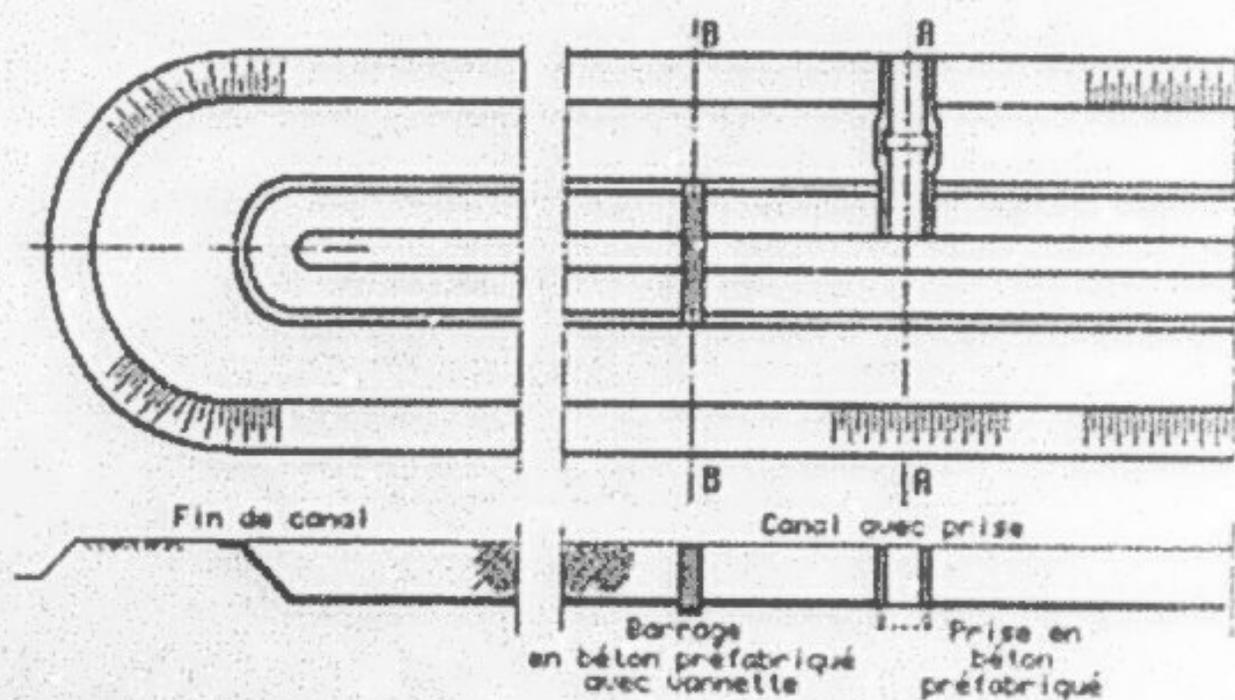
ÉPAISSEUR

- L'épaisseur du revêtement obéit normalement aux conditions de vitesse de l'écoulement dans le canal

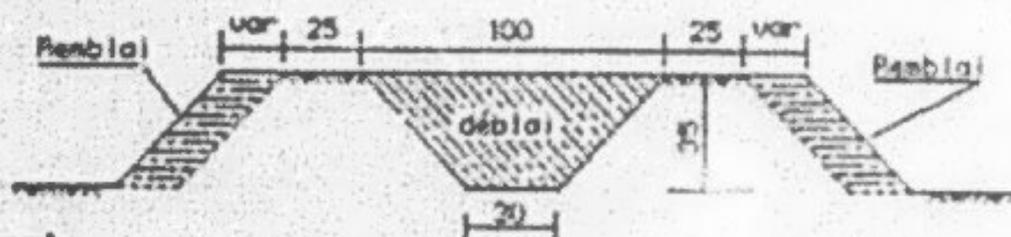
<u>vitesse</u> (m/s)	<u>épaisseur minimale</u> (en cm)
< 1.8	4 - 5
1.8 - 2.7	5
2.7 - 3.7	6.5
3.7 - 4.6	7.5

JOINTS TRANSVERSAUX

- Les joints transversaux sont obligatoires pour la bonne tenue du revêtement. Les joints de construction sont à mettre en œuvre dès l'exécution des canaux en général, ils jouent ultérieurement le rôle de joints de retrait ou de joints de dilatation.
- L'espacement des joints est recommandé tous les 3 mètres. Cet espacement peut osciller, cependant, entre 20 et 100 e, e étant l'épaisseur du revêtement.
- Les types de joints de la figure -7- peuvent être adoptés selon la facilité d'exécution.



Exécution terrassement



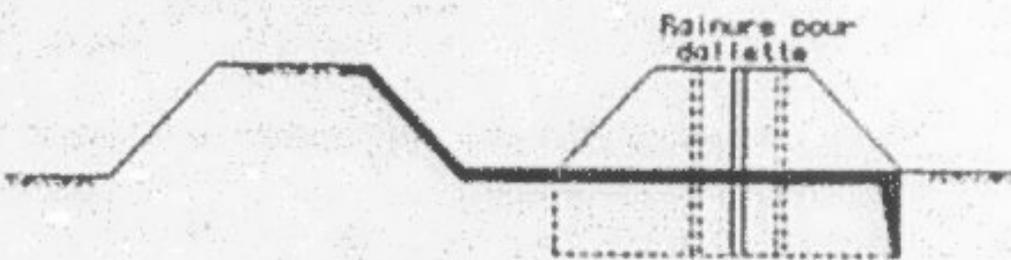
Coupe revêtement



Variante revêtement



**Coupe A-A
Prise**



**Coupe B-B
Barrage**

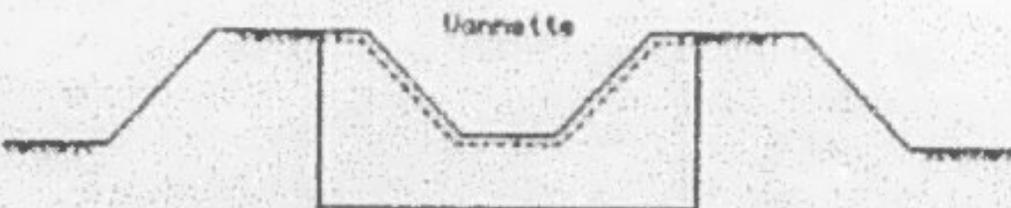


Fig. 6 - Dispositions constructives pour un canal en terre revêtu de béton

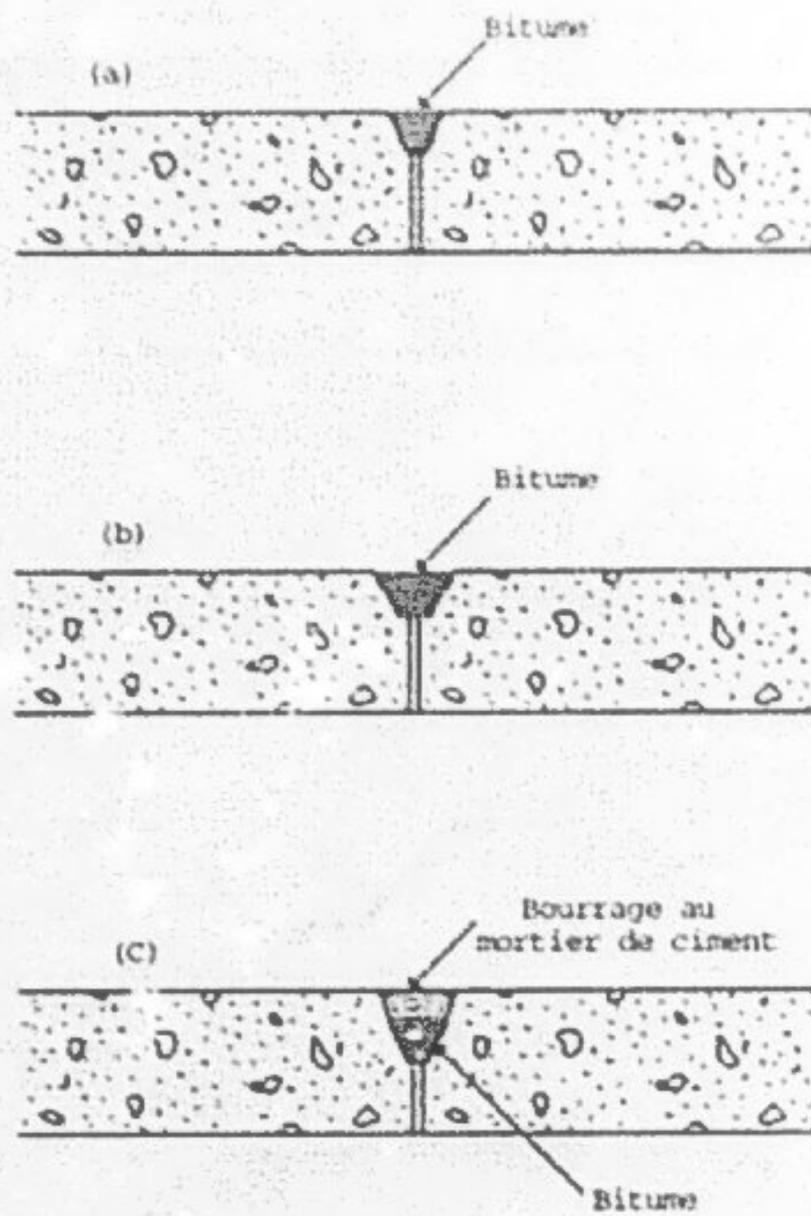


Fig. 7 - Types de joint pour revêtement de canaux en béton

6 - 3 Qualité du béton

- L'exécution du béton de ciment doit être conforme aux normes techniques : qualité des eaux, dimensions des agrégats, conditions de mélange, etc.

Le dosage recommandé par mètre cube de béton est le suivant :

- Ciment : 300-350 kg
- Sable : 480 l
- Gravier 4/15 : 350 l
- Gravier 15/25 : 510 l
- Eau : 150 l (appr.)

- Le remplacement du ciment par de la chaux hydraulique dans n'importe quelle proportion est à exclure, la résistance du béton à la fissuration étant amoindrie sérieusement.

- Un finissage de la surface lisse, exécuté à la main avec une truelle, augmente la capacité de transport du canal et se justifie lorsque la main d'œuvre est disponible.

- Le béton est à traiter en cours de prise, à défaut le béton conduit au même résultat que si l'on diminuait d'un tiers ou de moitié la proportion de ciment. A cet effet, il doit être maintenu continuellement saturé d'humidité. Pour y parvenir on humidifie en permanence la surface libre du béton pendant 3 à 5 jours (en utilisant des sacs de jute mouillés), ou on empêche l'évaporation de l'eau incorporée au béton au moyen d'une membrane imperméable.

6 - 4 Revêtement mis en place à la main

La mise en place à la main du revêtement en béton se justifie amplement pour les canaux d'irrigation. Un maçon qualifié est en mesure de suivre les recommandations précédentes et superviser l'équipe d'ouvriers qui lui est confiée.

Le travail sera mieux organisé grâce à la mise au point d'un gabarit et de planches de coffrage propres et bien nettes.

7 - LES CANAUX PREFABRIQUES

On rencontre en Tunisie deux types de canaux préfabriqués qui sont commercialisés directement par les usines :

- Les canaux en béton vibré (type V345), commercialisés par la Société EL ANABIB, ont les dimensions portées sur la figure -8-. Ce sont des canaux de longueur 3 m et qui peuvent assurer des débits de 30 l/s pour une pente minimale de 3 ‰.

6 - 3 Qualité du béton

- L'exécution du béton de ciment doit être conforme aux normes techniques : qualité des eaux, dimensions des agrégats, conditions de mélange, etc.

Le dosage recommandé par mètre cube de béton est le suivant :

- Ciment : 300-350 kg
- Sable : 480 l
- Gravier 4/15 : 350 l
- Gravier 15/25 : 510 l
- Eau : 150 l (appr.)

- Le remplacement du ciment par de la chaux hydraulique dans n'importe quelle proportion est à exclure, la résistance du béton à la fissuration étant amoindrie sérieusement.

- Un finissage de la surface lisse, exécuté à la main avec une truelle, augmente la capacité de transport du canal et se justifie lorsque la main d'œuvre est disponible.

- Le béton est à traiter en cours de prise, à défaut le béton conduit au même résultat que si l'on diminuait d'un tiers ou de moitié la proportion de ciment. A cet effet, il doit être maintenu continuellement saturé d'humidité. Pour y parvenir on humidifie en permanence la surface libre du béton pendant 3 à 5 jours (en utilisant des sacs de jute mouillés), ou on empêche l'évaporation de l'eau incorporée au béton au moyen d'une membrane imperméable.

6 - 4 Revêtement mis en place à la main

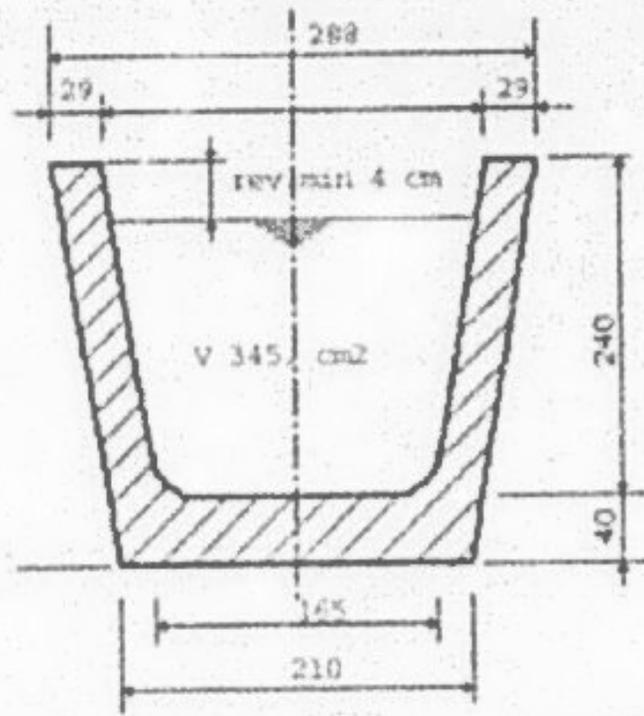
La mise en place à la main du revêtement en béton se justifie amplement pour les canaux d'irrigation. Un maçon qualifié est en mesure de suivre les recommandations précédentes et superviser l'équipe d'ouvriers qui lui est confiée.

Le travail sera mieux organisé grâce à la mise au point d'un gabarit et de planches de coffrage propres et bien nettes.

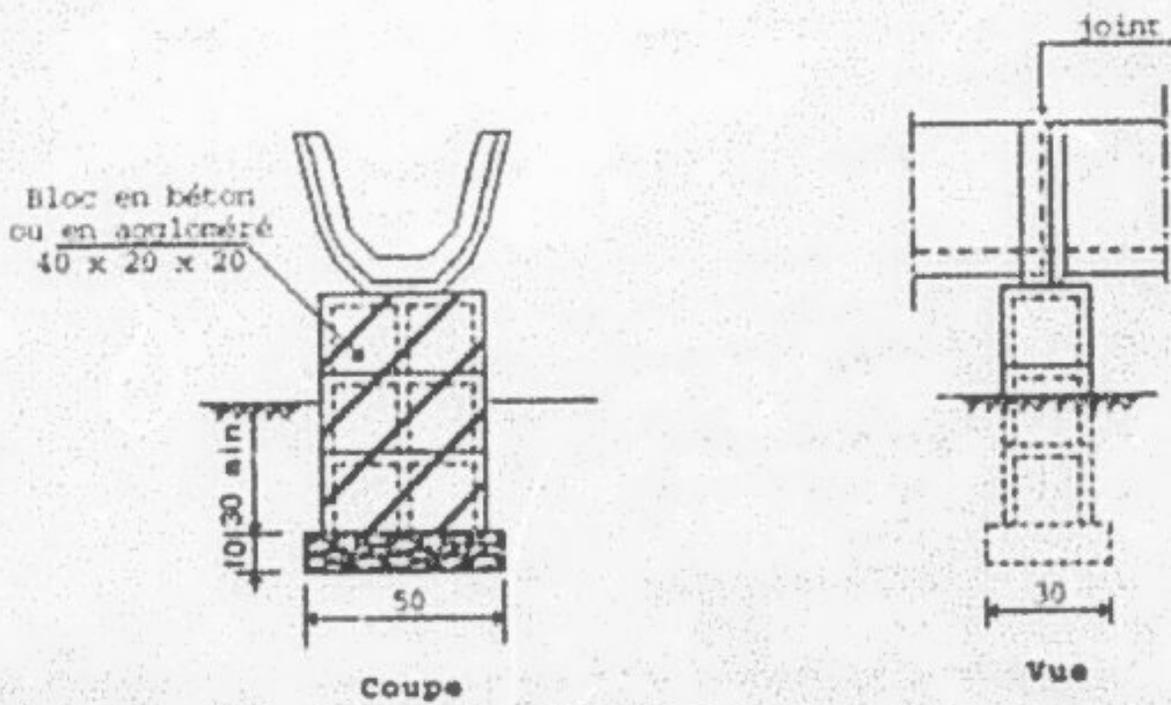
7 - LES CANAUX PREFABRIQUES

On rencontre en Tunisie deux types de canaux préfabriqués qui sont commercialisés directement par les usines :

- Les canaux en béton vibré (type V345), commercialisés par la Société EL ANABIB, ont les dimensions portées sur la figure -8-. Ce sont des canaux de longueur 3 m et qui peuvent assurer des débits de 30 l/s pour une pente minimale de 3 ‰.



- Profil d'un canal vibré préfabriqué type V 345



- Pose du canal V 345 sur appui

Fig. 8 - Canal en béton vibré préfabriqué

Schéma d'assemblage par des boulons

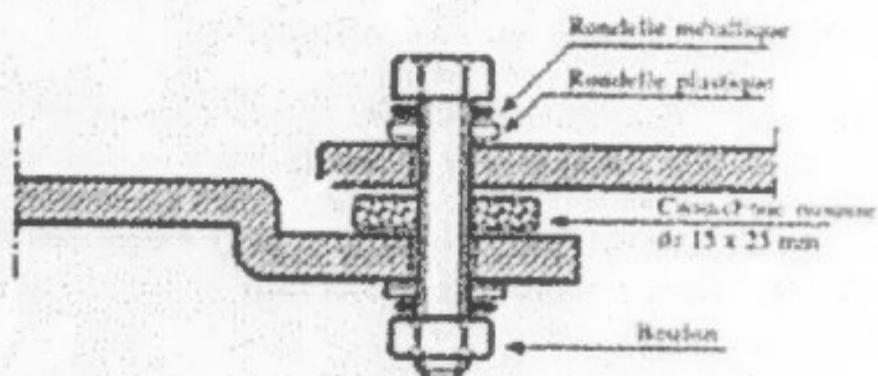


Schéma d'assemblage par collier

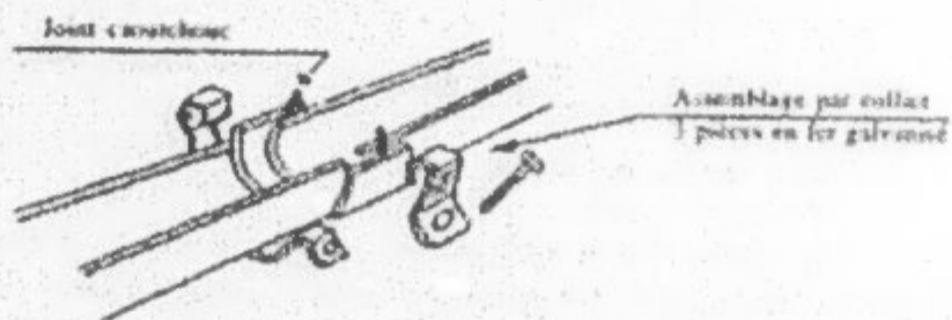


Fig 9 - Schémas d'assemblage des coneux préfabriqués en amiante ciment

Ces canaux peuvent être portés sur supports en maçonnerie ou sur des blocs en béton ou en agglomérés pour s'adapter à la topographie du terrain (fig -8-)

- Les canaux en amiante ciment (type Eternit) sont similaires aux canaux en béton vibré, et peuvent être utilisés dans les mêmes conditions.

L'étanchéité des canaux en amiante ciment est assurée par un joint en caoutchouc serré entre les deux faces de canaux par un collier en fer galvanisé ou des boulons (fig-9-).

Ces canaux sont parfois employés efficacement pour remplacer les séguias en terre et sont posés en tranchée nivelée correctement pour assurer l'appui continu du canal, ou sur des supports en maçonnerie ou en béton.

Le transport de longue distance, la maîtrise de la pose ainsi que le coût limitent encore l'emploi de ces types de canaux pour confectionner les réseaux internes aux exploitations agricoles.

Les canaux préfabriqués peuvent aussi être construits d'une façon artisanale. Un modèle de coffrage utilisé pour mouler des canaux d'irrigation en béton est présenté dans la figure -10-

8 - LES OUVRAGES ANNEXES

Pour faciliter l'exploitation du système d'irrigation en canaux, certains ouvrages de raccordement et de prise sont nécessaires.

8 - 1 *Ouvrages de raccordement*

Ces ouvrages sont situés à l'amont du système en canaux, et permettent de le raccorder au point d'approvisionnement en eau : réseau collectif, puits de surface, Oued, etc. Diverses inter-faces sont donc possibles :

a - Raccordement au réseau collectif

- *Réseau collectif en canaux portés*

Dans ce cas, l'exploitation agricole est alimentée en eau d'irrigation au moyen d'un canal tertiaire en béton vibré. La transition entre le canal tertiaire et le canal en terre revêtu est à assurer par un simple bac de prise 125 x 125 cm (Fig -11-). Ce type d'ouvrage est utilisé particulièrement dans certains des périmètres irrigués équipés de canaux portés (Basse vallée de la Medjerda, Kairouan, Sidi Bouzid, Kasserine).

- *Réseau collectif en conduites (basse pression)*

L'approvisionnement de l'exploitation agricole est réalisé dans ce cas grâce à une borne ou prise d'irrigation munie d'une vanne de sectionnement.

Un simple bassin de dissipation 80 x 80 cm est nécessaire pour rompre la charge disponible au niveau de la borne d'irrigation (Fig -12-).

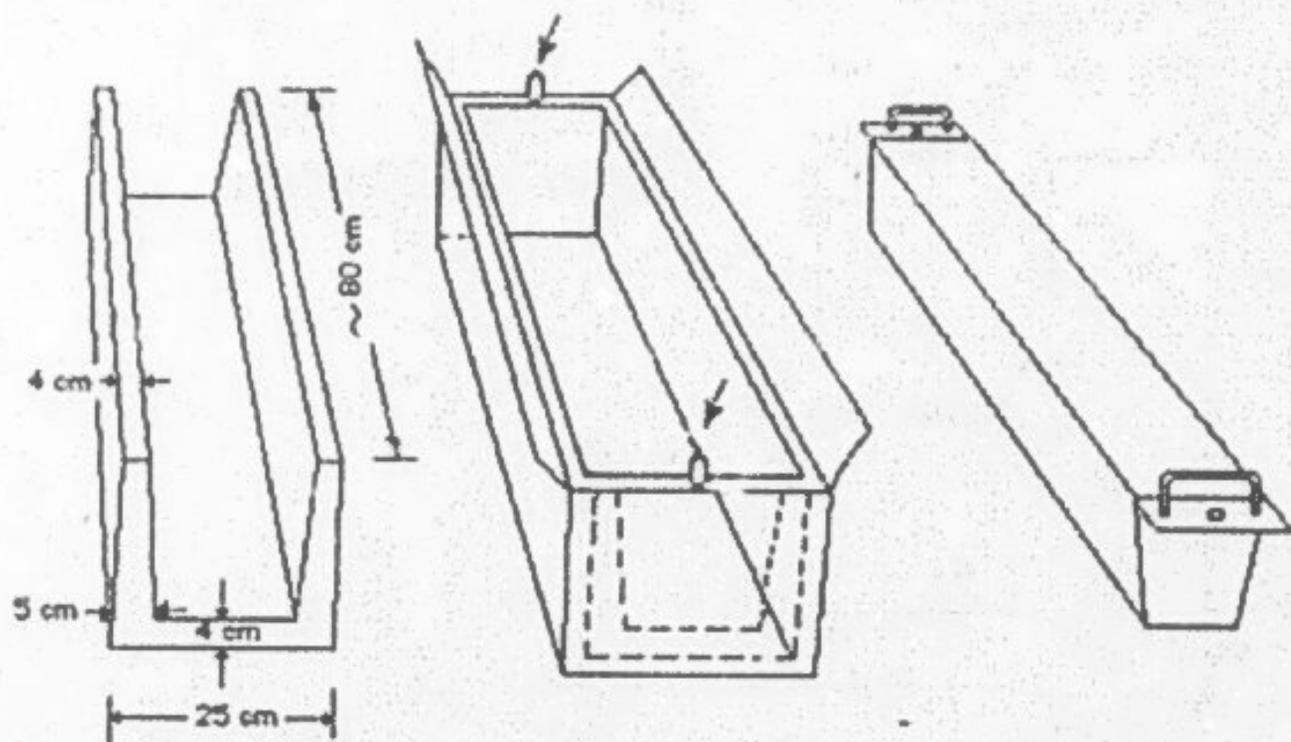
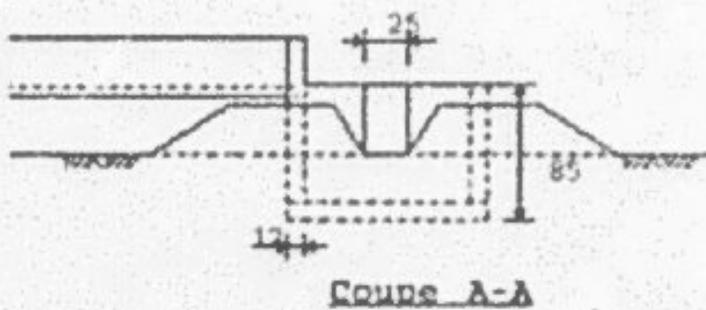
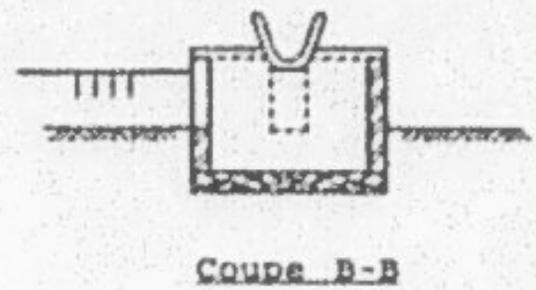
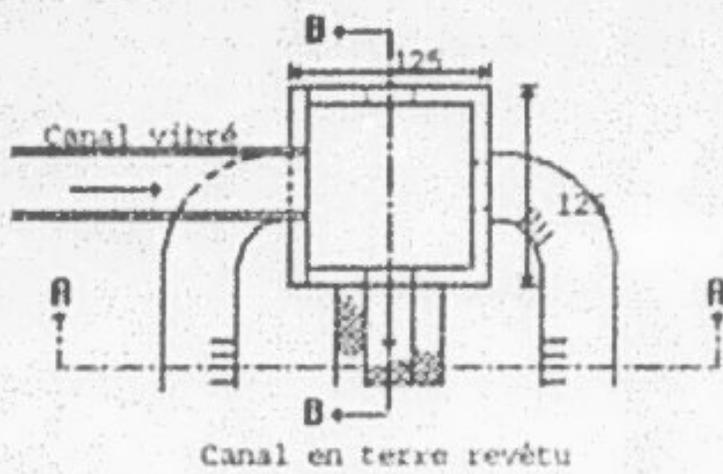
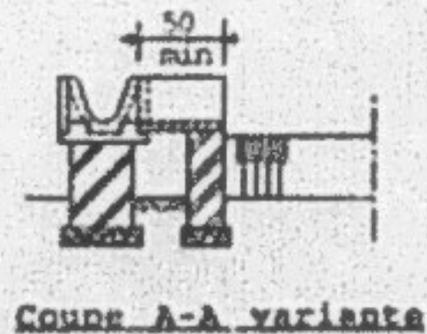
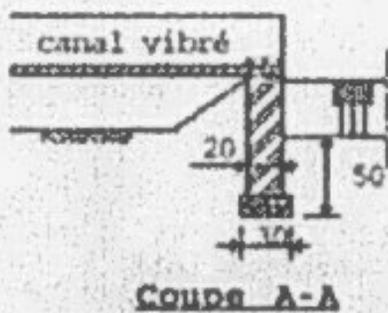
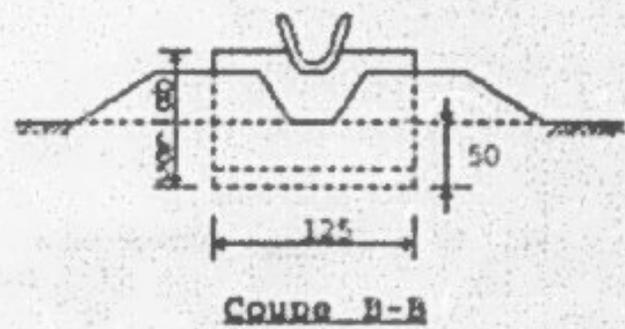
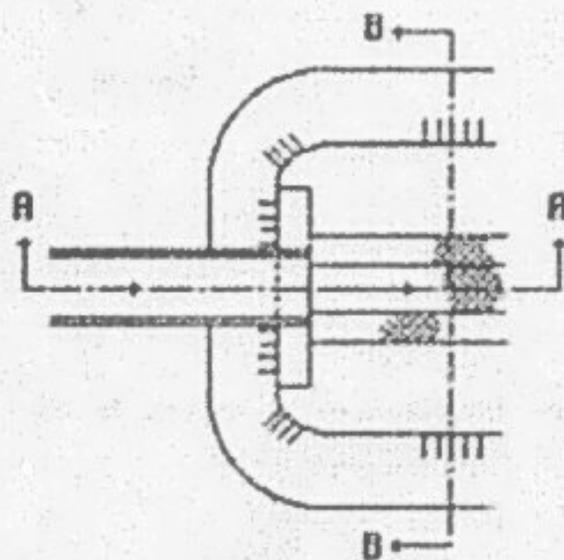


Fig. 10 - Coffrage utilisé pour mouler des rigoles d'irrigation en béton
(dimensions à adapter)



TYPE 1



TYPE 2

Fig. 11 - Ouvrages de transition entre réseau collectif de canaux portés et canal bétonné

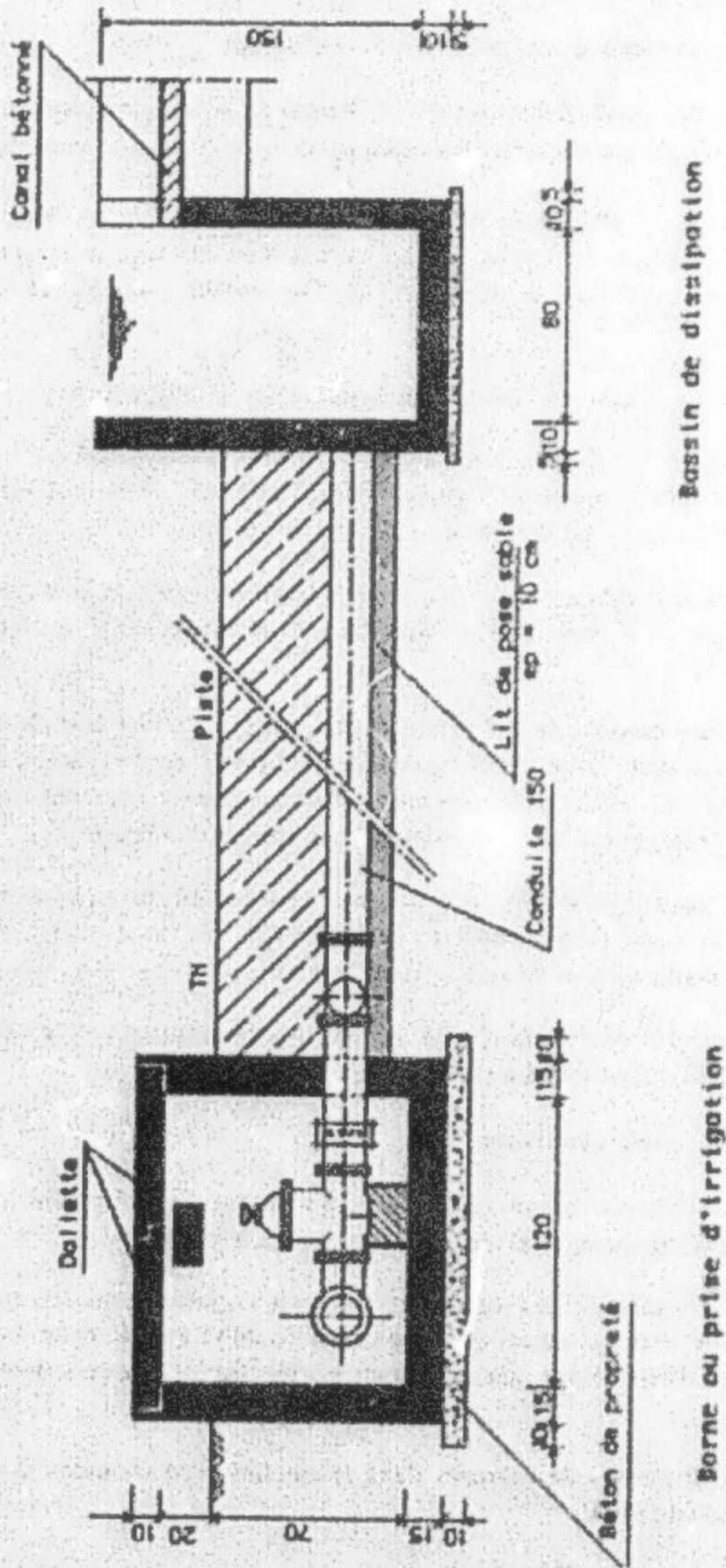


Fig. 12 - Ouvrage de raccordement d'une borne d'irrigation à un canal bétonné

Ce type d'ouvrage est adapté à la majorité des périmètres irrigués récents équipés en conduites basse pression (Cap-Bon, Sahel, Centre et Sud).

b - Raccordement à un point d'eau individuel

Dans ce cas, l'on peut adopter un simple bassin de dissipation similaire au point -a-, si l'exploitation agricole est alimentée en eau à partir d'un groupe de pompage.

Pour les grandes exploitations irriguées avec une eau chargée en éléments solides (oued), il y a lieu d'assurer le raccordement au moyen d'un ouvrage assurant en même temps les fonctions de dissipation et de dégrillage. Un modèle pour un tel ouvrage est présenté dans la figure - 13 -

§ - 2 Prise d'eau au niveau des parcelles d'irrigation

A l'intérieur de l'exploitation agricole, on utilise souvent sur les réseaux des ouvrages et des dispositifs destinés à détourner l'eau d'un canal important vers un canal d'un ordre inférieur, ou d'un canal de tête vers une parcelle à irriguer.

Ces genres d'ouvrages sont en général de petite dimension, et leur capacité varie entre quelques litres par seconde et le débit maximum dont dispose l'exploitation (La main d'eau).

Le type et la capacité de ces prises dépendent en premier lieu de la méthode d'irrigation à la parcelle. Avec le procédé par bassins, les prises sont espacées le long d'un côté ou des deux côtés du canal d'alimentation, et chaque prise peut desservir une ou plusieurs cuvettes successives reliées entre-elles par des vannes de réglage.

De même pour l'irrigation par sillons, chaque sillon peut être alimenté directement à partir du canal de tête, ou bien le débit dévié du canal est fractionné entre plusieurs sillons à la fois.

La figure -14- donne un aperçu sur les procédés utilisés pour alimenter les parcelles irriguées à partir d'un canal à ciel ouvert.

a - Prises avec vannettes

Les prises de dérivation sont construites au moment du revêtement du canal (cf. fig -6-) et permettent d'alimenter directement les parcelles à irriguer.

Elles sont associées à des vannes simples ou réglables, situées en aval pour arrêter l'écoulement ou pour laisser écouler une partie du débit vers le reste du canal, tout en assurant un niveau d'eau amont quasi-constant nécessaire au bon fonctionnement des prises de dérivation.

Ces prises disposent de rainures dans lesquelles sont montées des vannettes métalliques ou en bois (fig -15).

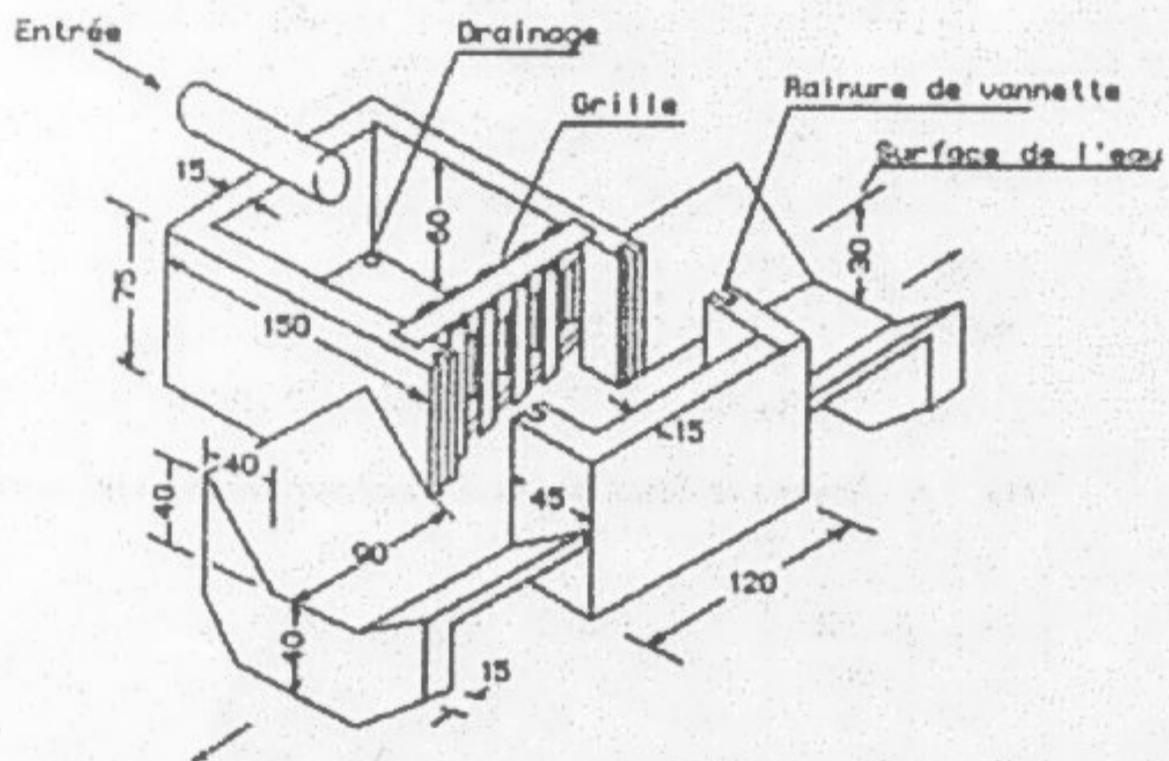


Fig. 13 - Ouvrage de dissipation et de dégrillage

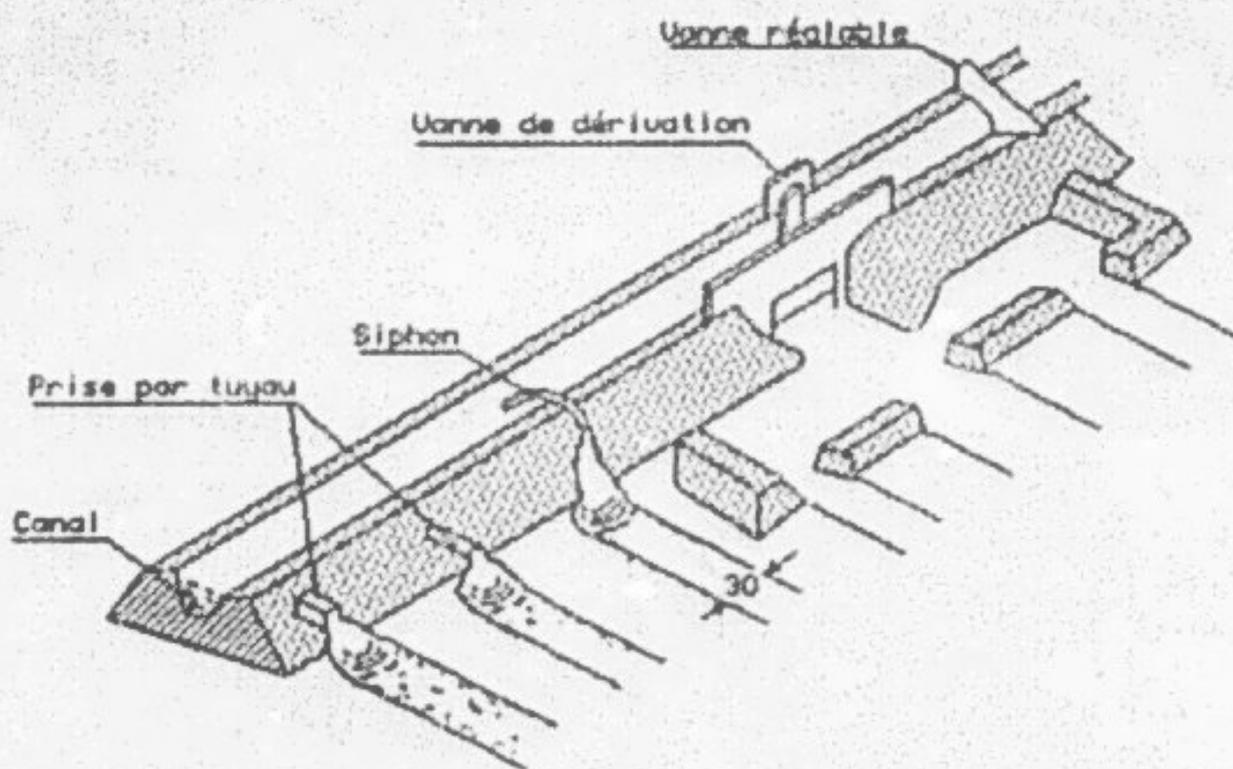
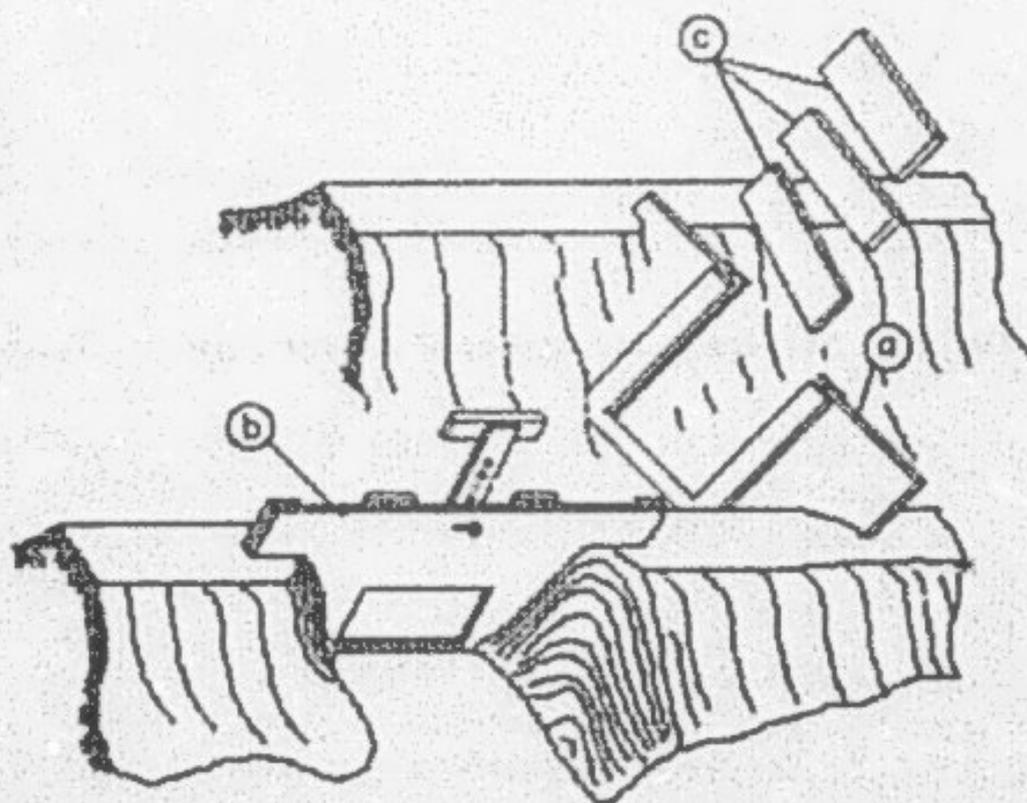


Fig. 14 - Divers modèles de prise d'eau sur canal à ciel ouvert



- a - Vanne destinée à maintenir un niveau constant dans le canal
 - b - Vanne de dérivation.
 - c - Planches amovibles.
- (d'après Farm Irrigation Structures, Université de Californie)

Fig. 15 - Deux systèmes de vannes réglables

b - La prise par tuyau

C'est un type de prise permanent, constitué par un tuyau pour conduire l'eau du canal vers un autre canal de moindre importance ou vers la parcelle à irriguer (fig -16-).

On peut employer plusieurs types de conduites (béton, amiante ciment, PVC ...). Le tuyau en PVC est facilement utilisable, car des bouchons vissés sont disponibles sur le marché pour ce type de tuyau.

Le débit véhiculé par le tuyau est fonction du diamètre du tuyau et de la charge disponible h (différence de niveau existant entre la surface de l'eau dans le canal et le niveau de liquide dans la parcelle).

Le tableau ci-après permet d'estimer ce débit en litres par seconde

Diamètre du tuyau (mm)	Charge disponible h (cm)			
	5	10	15	20
10	0,05	0,07	0,08	0,09
20	0,19	0,26	0,32	0,73
30	0,42	0,59	0,73	0,84
40	0,75	1,06	1,29	1,49
50	1,17	1,65	2,02	2,33
100	4,67	6,60	8,09	9,34
200	18,70	26,40	32,30	37,30

c - Le siphon

Le siphon est un tuyau souple généralement en matière plastique, ou un tuyau métallique coudé, de faible taille, permettant d'alimenter directement une cuvette ou un sillon d'irrigation. Des siphons peuvent être disposés en batterie en vue d'alimenter simultanément plusieurs sillons.

Le siphon épouse la forme de la digue du canal (fig -17-), sans en affecter la berge. Son amorçage s'effectue en plongeant l'appareil dans l'eau, une main fermant l'extrémité non immergée. Quelques mouvements brusques font pénétrer l'eau dans le tube qui est mis ensuite en position de fonctionnement. En lâchant la main, l'eau coule.

Le débit d'un siphon dépend du diamètre du tuyau et de la charge disponible (h). Le tableau ci-dessus (point 8.2.b) permet d'estimer ce débit en l/s, h étant en cm.

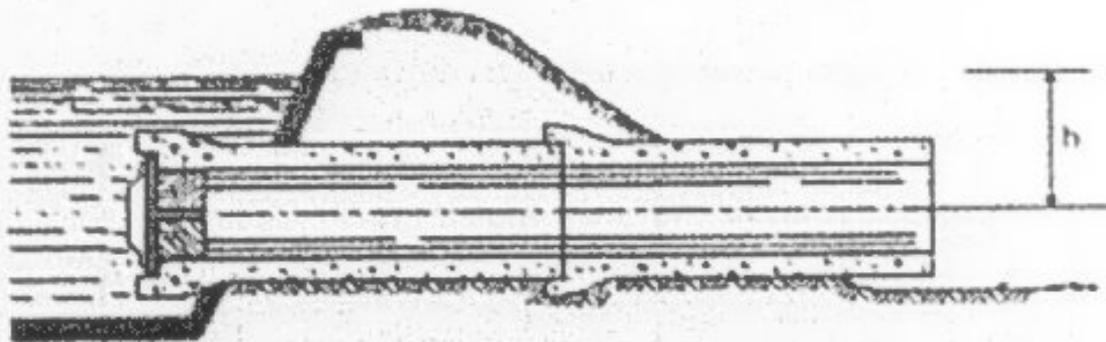
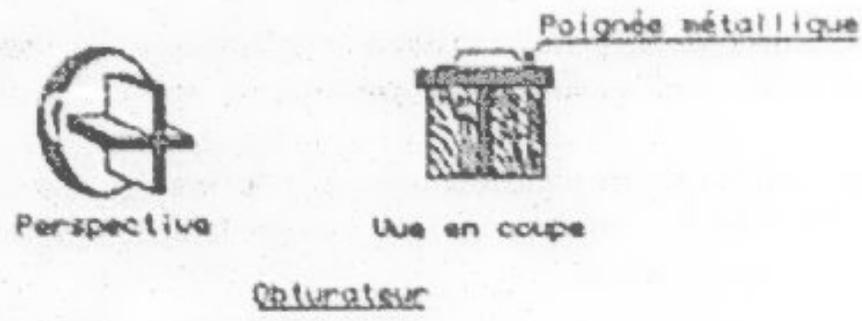


Fig. 16 - Prise par tuyau avec obturateur à l'entrée

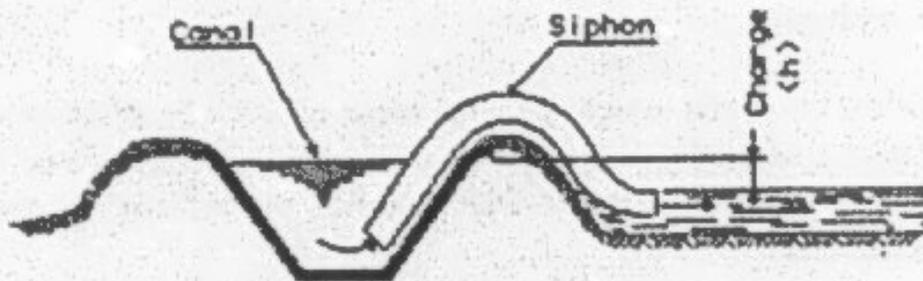


Fig. 17 - Fonctionnement du siphon

9 - LA MESURE DES DEBITS

La mesure des débits est nécessaire pour bien pratiquer l'irrigation gravitaire.

Les méthodes de mesure de débit dans un système en canaux à ciel ouvert exigent parfois des appareils et des procédés qui sont souvent coûteux ou d'utilisation difficile (Moulinet, Parshall flume, ouvrage seuil, etc).

Il est exposé ci-après deux méthodes exigeant des moyens simples, et souvent disponibles.

a - Méthode du flotteur

Cette méthode consiste à mesurer la plus grande vitesse superficielle U du courant d'eau dans un canal, à partir du temps mis par un flotteur entraîné par le courant à parcourir une distance $L = AB$ définie par deux repères A et B.

On déduit de la vitesse superficielle U la vitesse moyenne dans la section du canal en utilisant la relation approchée : $V = 0,85 U$ en mètres par seconde.

On peut utiliser comme flotteur un petit ballon en plastique, un morceau de bois, ou bien une bouteille lestée de telle façon que le goulot seul est émergé. Le flotteur doit être maintenu au centre du canal (fig -18-).

b - Méthode de volume

Cette méthode permet d'estimer le débit d'eau véhiculé par un siphon (fig -19-) ou le débit dans un sillon d'irrigation (fig -20-).

On peut se servir d'un récipient de contenance connue (V en litres), tel qu'un seau en plastique, placé en dessous de la goutte d'alimentation.

On mesure en seconde le temps T pour remplir le récipient; le débit est évalué par la formule suivante :

$$\frac{V \text{ (en litres)}}{T \text{ (en secondes)}} = Q \text{ (litres par seconde)}$$

9 - LA MESURE DES DEBITS

La mesure des débits est nécessaire pour bien pratiquer l'irrigation gravitaire.

Les méthodes de mesure de débit dans un système en canaux à ciel ouvert exigent parfois des appareils et des procédés qui sont souvent coûteux ou d'utilisation difficile (Moulinet, Parshall flume, ouvrage seuil, etc).

Il est exposé ci-après deux méthodes exigeant des moyens simples, et souvent disponibles.

a - Méthode du flotteur

Cette méthode consiste à mesurer la plus grande vitesse superficielle U du courant d'eau dans un canal, à partir du temps mis par un flotteur entraîné par le courant à parcourir une distance $L = AB$ définie par deux repères A et B.

On déduit de la vitesse superficielle U la vitesse moyenne dans la section du canal en utilisant la relation approchée : $V = 0,85 U$ en mètres par seconde.

On peut utiliser comme flotteur un petit ballon en plastique, un morceau de bois, ou bien une bouteille lestée de telle façon que le goulot seul est émergé. Le flotteur doit être maintenu au centre du canal (fig -18-).

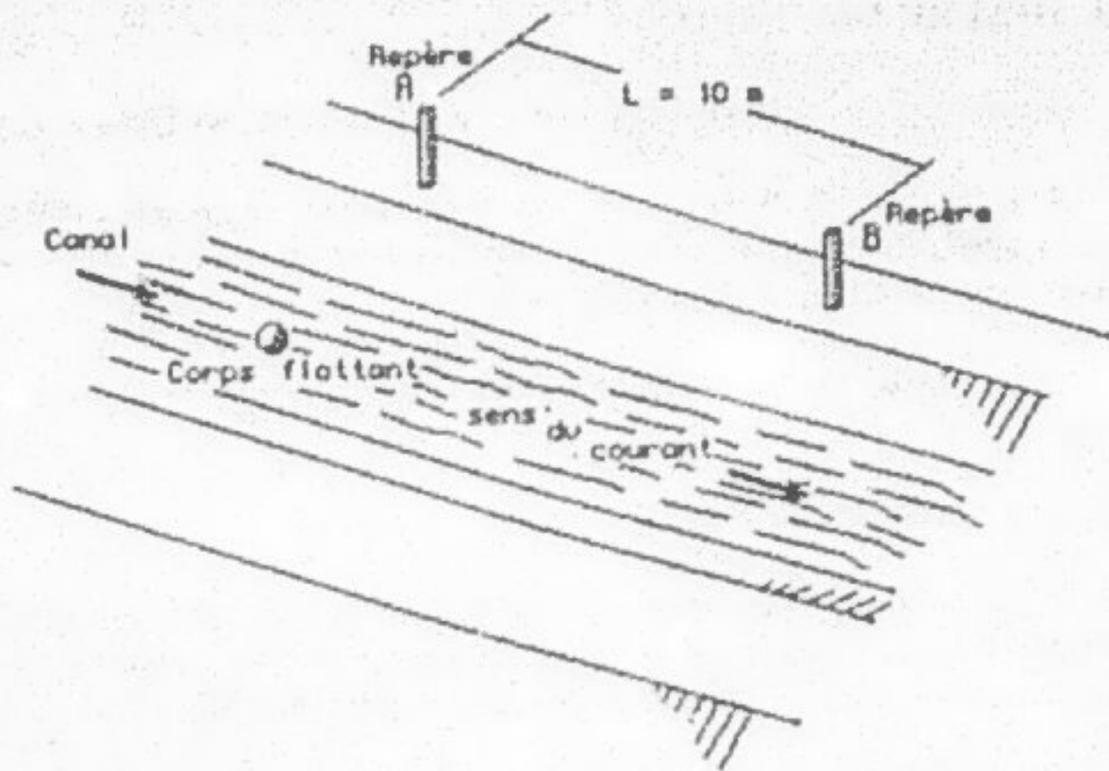
b - Méthode de volume

Cette méthode permet d'estimer le débit d'eau véhiculé par un siphon (fig -19-) ou le débit dans un sillon d'irrigation (fig -20-).

On peut se servir d'un récipient de contenance connue (V en litres), tel qu'un seau en plastique, placé en dessous de la goulotte d'alimentation.

On mesure en seconde le temps T pour remplir le récipient; le débit est évalué par la formule suivante :

$$\frac{V \text{ (en litres)}}{T \text{ (en secondes)}} = Q \text{ (litres par seconde)}$$



Le débit du canal : $Q = V \times S$

Q : débit en mètre cube par seconde .

V : Vitesse moyenne du courant en mètre par seconde = $0,85U$

S : Section mouillée du canal en m^2

• Canal rectangulaire : $S = b \times h$, b et h en m

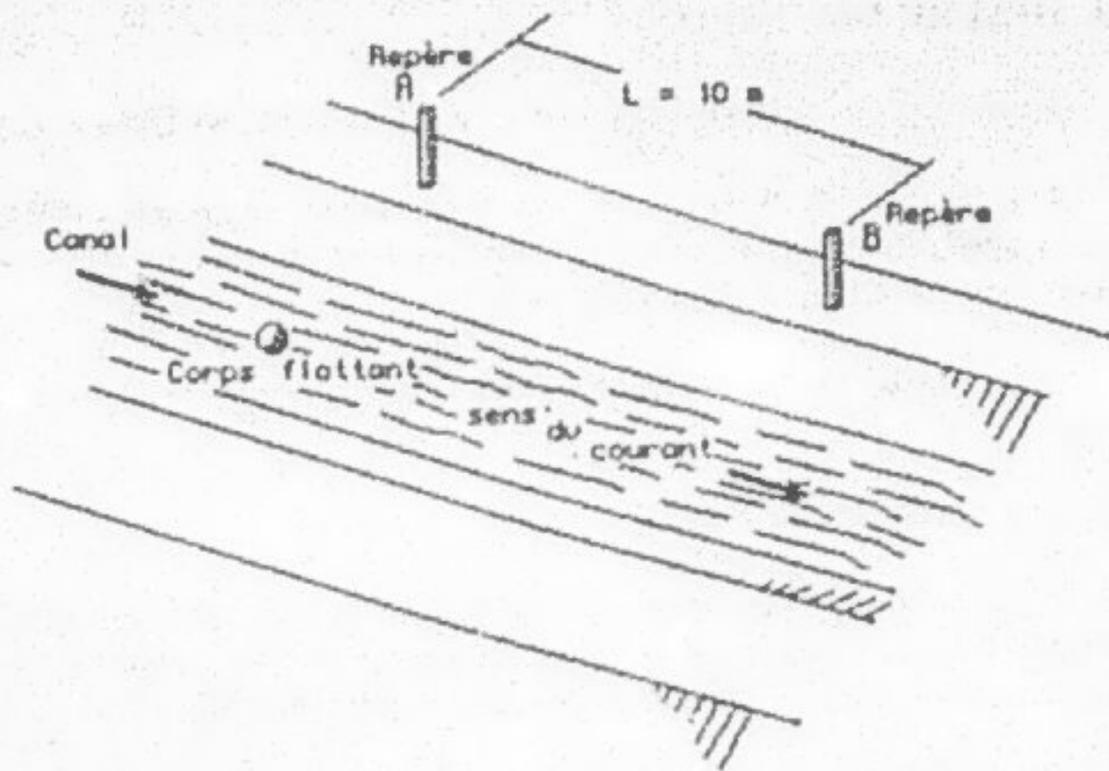
• Canal trapézoïdal : $S = h (b + Zh)$, b et h en m, Z pente du talus

La vitesse du courant $U = \frac{L \text{ (mètres)}}{T \text{ (secondes)}}$

T : Temps parcouru par le corps flottant entre les points A et B

L : AB = 10 mètres

Fig. 1^a - Mesure de débit par la méthode du flotteur



Le débit du canal : $Q = V \times S$

Q : débit en mètre cube par seconde .

V : Vitesse moyenne du courant en mètre par seconde = $0,85U$

S : Section mouillée du canal en m^2

• Canal rectangulaire : $S = b \times h$, b et h en m

• Canal trapézoïdal : $S = h (b + Zh)$, b et h en m, Z pente du talus

La vitesse du courant $U = \frac{L \text{ (mètres)}}{T \text{ (secondes)}}$

T : Temps parcouru par le corps flottant entre les points A et B

L : AB = 10 mètres

Fig. 1^a - Mesure de débit par la méthode du flotteur

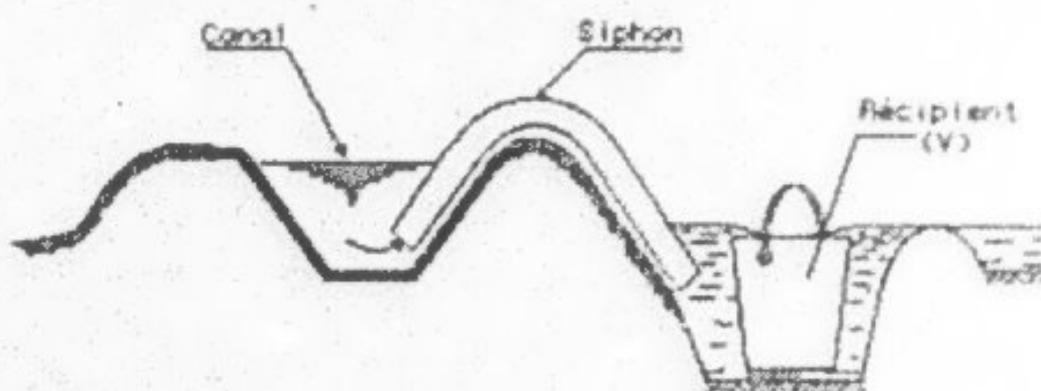


Fig. 19 - Mesure de débit d'un siphon

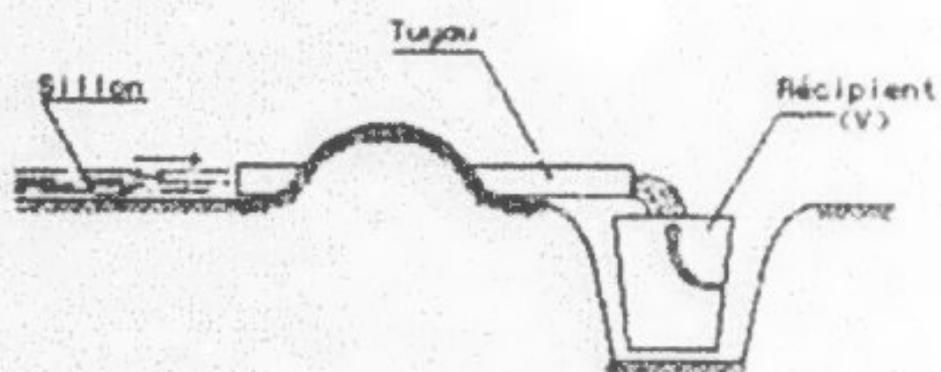


Fig. 20 Mesure de débit dans un sillon d'irrigation

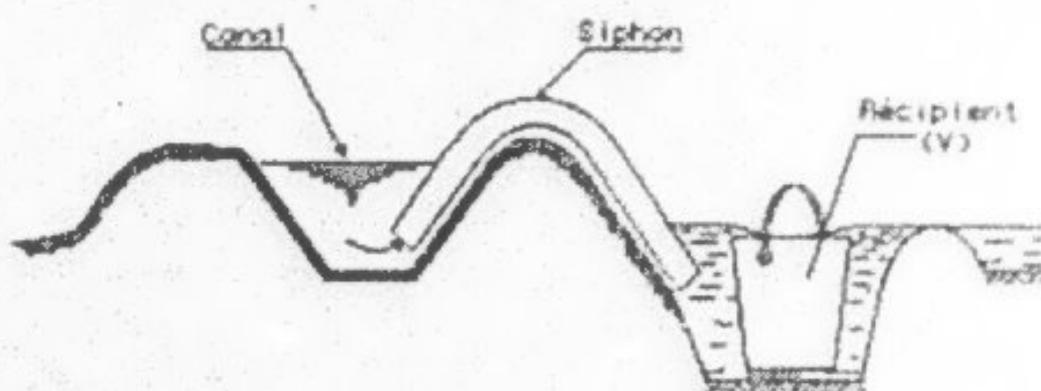


Fig. 19 - Mesure de débit d'un siphon

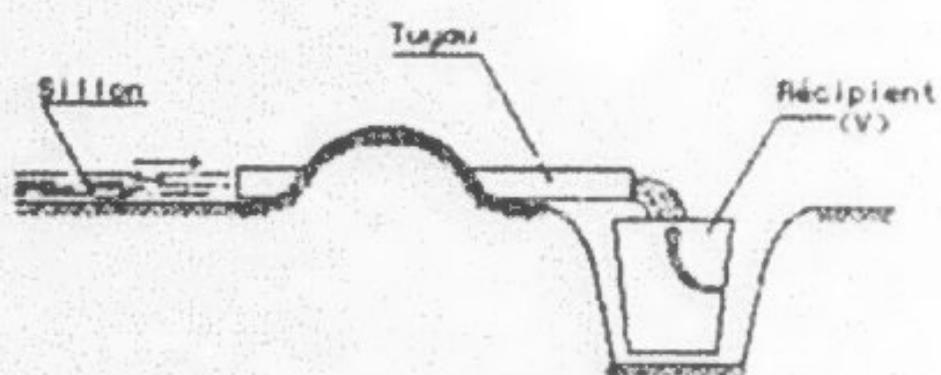


Fig. 20 Mesure de débit dans un sillon d'irrigation

**LE SYSTEME DE CANALISATIONS
ENTERREES**

C - LE SYSTEME DE CANALISATIONS ENTERREES

1 - CONDITIONS D'APPLICATION

On a de plus en plus recours au système de tuyaux enterrés à l'intérieur des exploitations agricoles pour remplacer le système en canaux à ciel ouvert.

Les réseaux de distribution utilisant des canalisations enterrées à moyenne ou forte pression, conviennent particulièrement à l'irrigation par aspersion ou localisée, tandis que les tuyaux à basse pression sont utilisés pour l'irrigation de surface.

Le système peut être adapté à toutes les situations : taille de l'exploitation agricole, type d'approvisionnement en eau collectif ou privé.

2 - AVANTAGES

Les principaux avantages des canalisations enterrées sont :

- le peu de terrain agricole perdu ;
- l'économie de main d'œuvre pour l'exploitation et l'entretien du système ;
- la facilité d'adaptation aux conditions topographiques du terrain ;
- la régulation par l'aval : l'irrigant contrôle directement le débit qu'il utilise au niveau de sa parcelle ;
- la réduction à leurs valeurs minimales de l'évaporation et des infiltrations: l'efficacité potentielle du système peut atteindre 95 %

3 - CONTRAINTES

Les canalisations enterrées ont aussi quelques inconvénients : la difficulté de détecter et d'étancher les fuites.

Les principales limitations des canalisations enterrées sont, cependant, leur coût de premier établissement élevé et la nécessité de disposer d'une main d'œuvre qualifiée pour leur installation.

L'étude convenable du réseau, la recherche de matériaux les plus adaptés et les moins chers peuvent réduire considérablement le coût total d'investissement.

4 - LES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES GENERALES

4 - 1 Matériaux

On utilise en Tunisie comme matériaux courants pour les canalisations :

- le béton de ciment armé ou non armé ;
- l'amiante ciment ;
- les matières plastiques : PVC, le polyéthylène.

Le choix entre les matériaux dépend du coût du mètre linéaire de tuyau d'un diamètre et d'une pression données, de la disponibilité des pièces spéciales de raccordement et de la facilité de la pose.

Normalement un type de tuyau est économique dans une étendue de diamètres déterminée.

Le tableau -1- donne quelques indications sur les caractéristiques principales des conduites disponibles en Tunisie.

4 - 2 La pose des canalisations

Certaines précautions sont nécessaires à la pose des conduites pour éviter des graves problèmes lors de l'exploitation du réseau :

- La pose devra être conforme aux règles imposées par les fabricants des tuyaux.
- La profondeur de pose des conduites doit être suffisante pour prévenir les dommages occasionnés par les gros labours ou les racines des arbres. Un minimum de 50 à 60 cm est à recommander (fig -21-).
- Construire des hutées de pièces spéciales (coudes, tés, cônes, etc) pour éviter le déboitement des tuyaux.
- Disposer d'une vidange au point le plus bas du réseau, surtout lorsque de l'eau chargée d'éléments fins est employée pour l'irrigation.
- Essayer le réseau de conduites avant de procéder au remblayage.

CARACTERISTIQUES GENERALES DES TUYAUX EN TUNISIE

Tableau -1-

TYPES DE CONDUITES	APPROVISIONNEMENT	UTILISATION	OBSERVATIONS
BETON ARME	Directement Usines	Haute pression	<ul style="list-style-type: none"> • Grands $\varnothing > 300$ • Pièces spéciales à adapter
NON ARME	<ul style="list-style-type: none"> • Directement Usines ou fabricants locaux (assainissement) 	Très basse pression	<ul style="list-style-type: none"> • $\varnothing > 100$ • Pièces spéciales à adapter
AMIANTE CIMENT	<ul style="list-style-type: none"> Tuyaux : usines Pièces spéciales fonte : usines 	Basse et haute pressions	<ul style="list-style-type: none"> • $\varnothing > 80$
PVC *	Tuyaux et P.S : usines et fournisseurs locaux	Basse et moyenne pressions	<ul style="list-style-type: none"> • $\varnothing < 200$ • Coût élevé des raccords
Polyéthylène *	Tuyaux et P.S : usines et fournisseurs locaux	Basse et moyenne pressions	<ul style="list-style-type: none"> • $\varnothing < 65$ • Coût élevé des raccords

* De fabrication locale

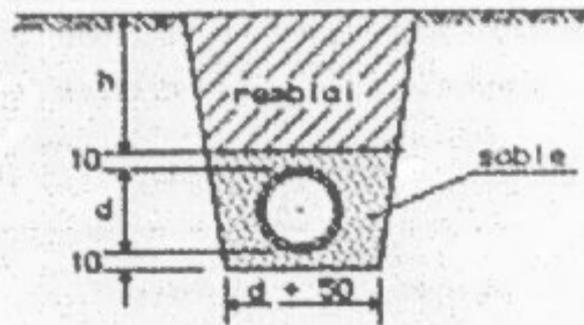


Fig. 21 - Dispositions pour le pose des tuyaux

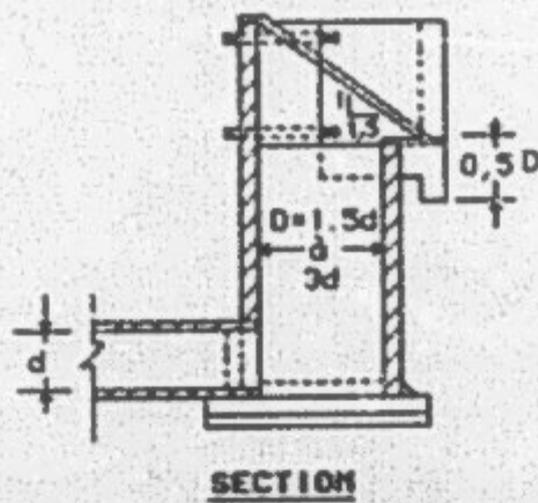
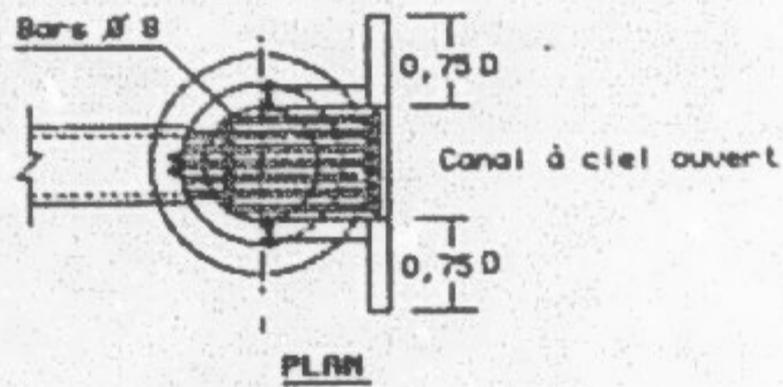


Fig. 22 - Prise simple sur canal à ciel ouvert

5 - OUVRAGES ANNEXES

Ces ouvrages sont nécessaires pour la bonne exploitation d'un système de canalisations enterrées. Ils permettent :

- de raccorder le réseau interne à l'exploitation au point d'approvisionnement en eau, collectif ou individuel.
- de faciliter la prise d'eau au niveau des parcelles à irriguer.
- de disposer de moyens de contrôle et de protection du système.

Ces ouvrages diffèrent quelque peu en fonction des exigences de la méthode d'irrigation adoptée au niveau de la parcelle à irriguer (pression, qualité physique de l'eau, etc).

5 - 1 *Ouvrages de raccordement - interfaces*

La configuration des ouvrages de raccordement varie avec la nature du point d'approvisionnement en eau de l'exploitation agricole.

5-1-1 *Prise sur réseau collectif en conduites sous-pression*

Le système enterré interne à l'exploitation peut être raccordé à la borne ou à la prise du réseau collectif. Une simple vanne de sectionnement permet d'isoler les deux réseaux en cas de besoin.

5-1-2 *Prise sur réseau collectif en canaux à ciel ouvert*

Le système interne à l'exploitation peut être raccordé de la manière suivante :

- Une simple prise avec dégrilleur permettant d'éviter l'introduction des corps flottants dans le réseau enterré (fig -22-)
- Une prise sur le canal tertiaire avec vanne de sectionnement au départ du réseau enterré (fig -23-).

5-1-3 *Ouvrage de raccordement à une station de pompage individuelle*

- En cas de très faible charge : adopter les dispositions de la fig. 24
- En cas de charge moyenne : adopter les dispositions de la fig. 25 en protégeant le système d'un reniflard dont le détail est donné dans la fig. 26

Le reniflard ou ventouse est un dispositif qui permet de faire échapper l'air pouvant exister dans le système de canalisations et de le protéger contre les sous-pressions.

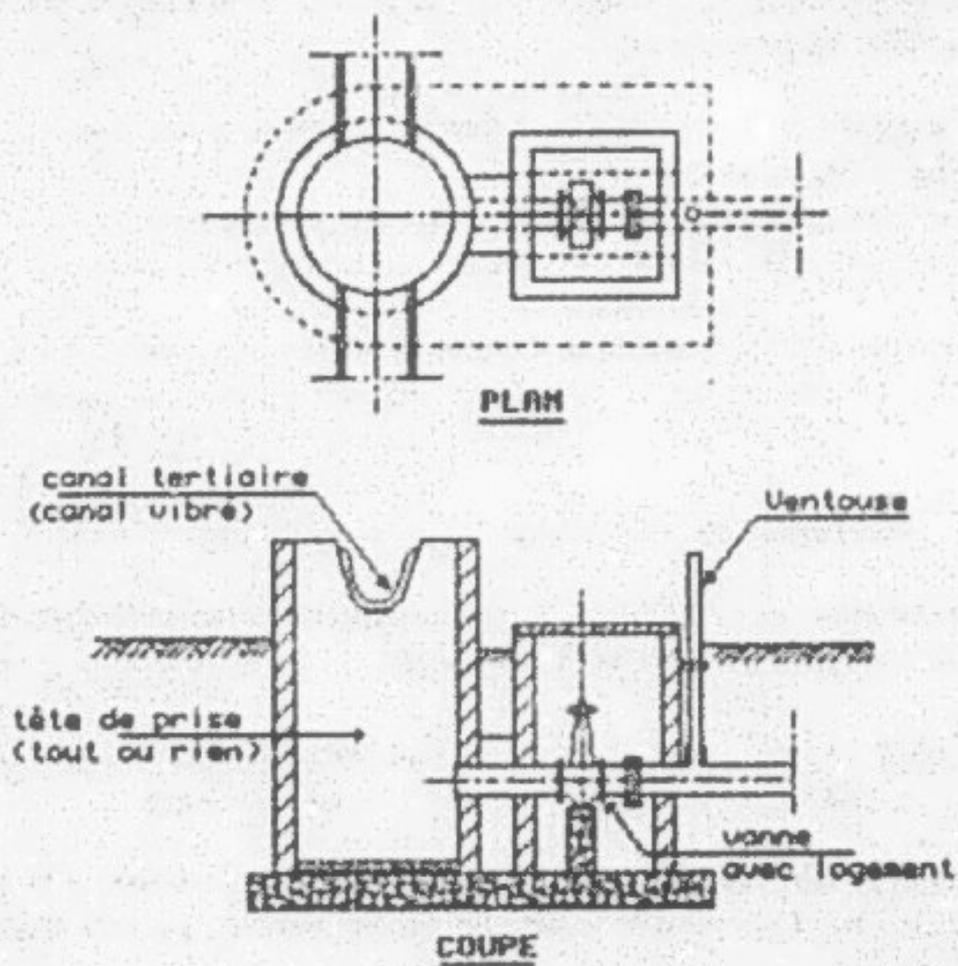


Fig. 23 - Prise sur canal tertiaire avec vanne de sectionnement

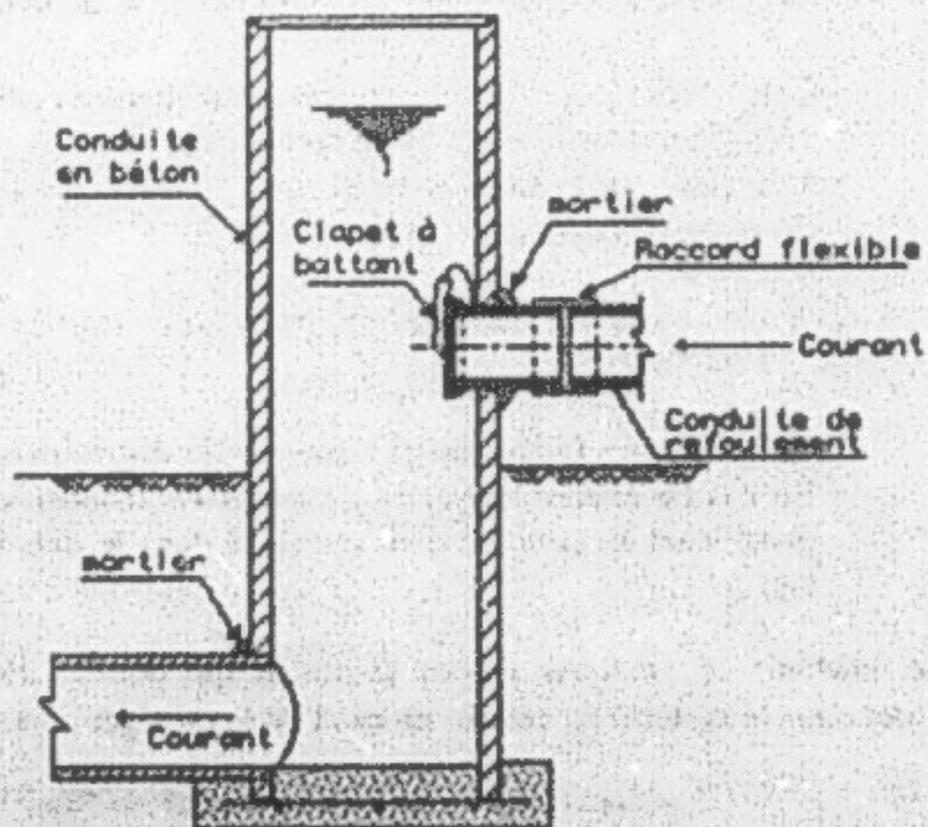


Fig. 24 - Ouvrage de raccordement à un groupe de pompage

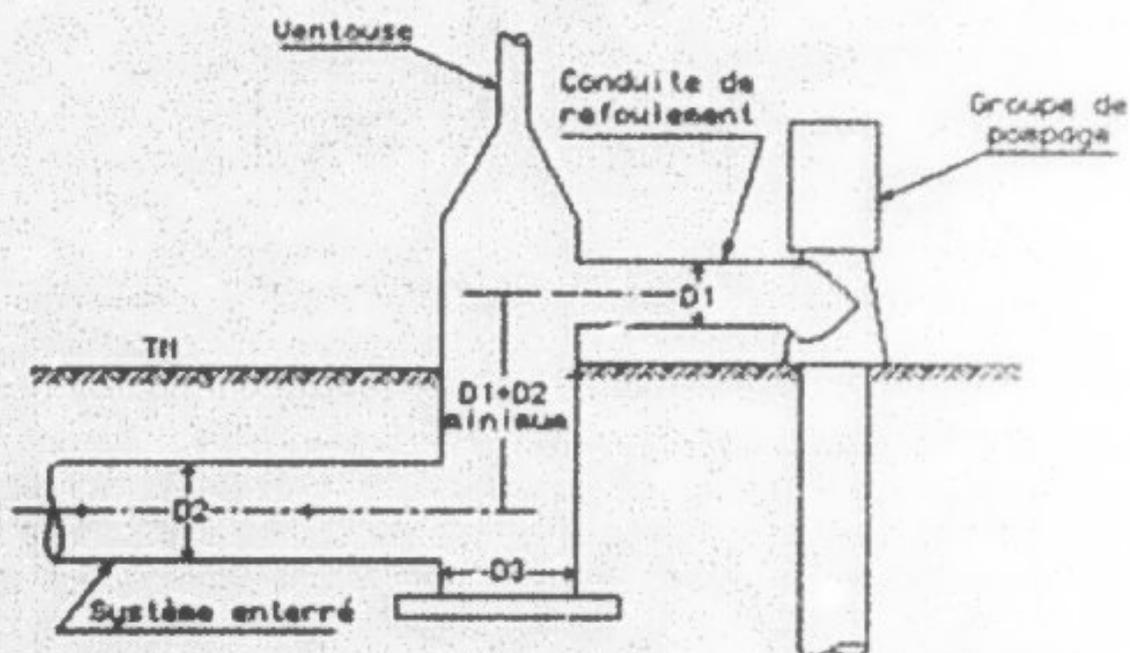
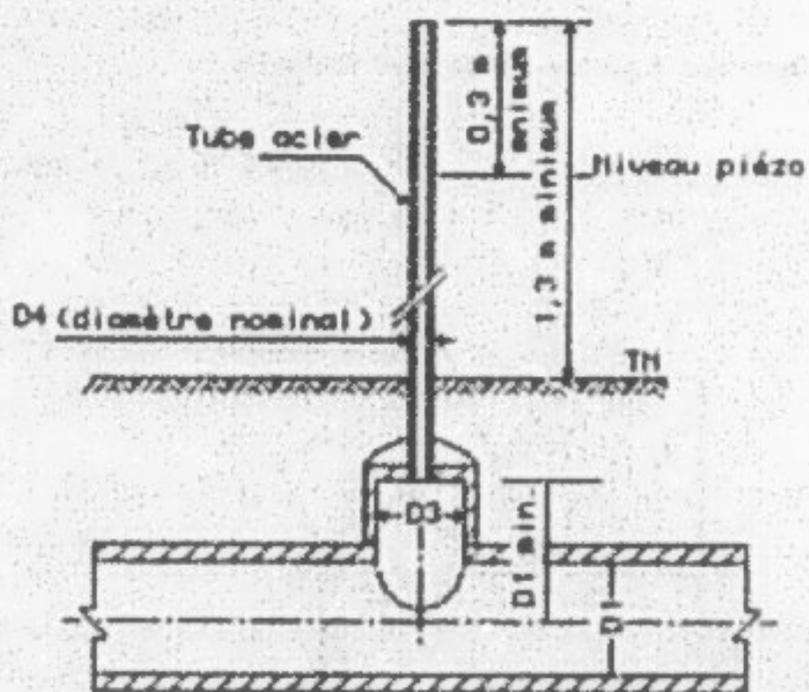


Fig. 25 - Ouvrage de raccordement à un groupe de pompage avec ventouse.



- Note :
- D1 - Diamètre de la conduite
 - D3 - Diamètre du reniflard $\geq 0,75 D1$
 - D4 - Diamètre (nominal) du tube acier $\geq 0,13 D1$

Fig. 26 - Section type d'une ventouse sur conduite

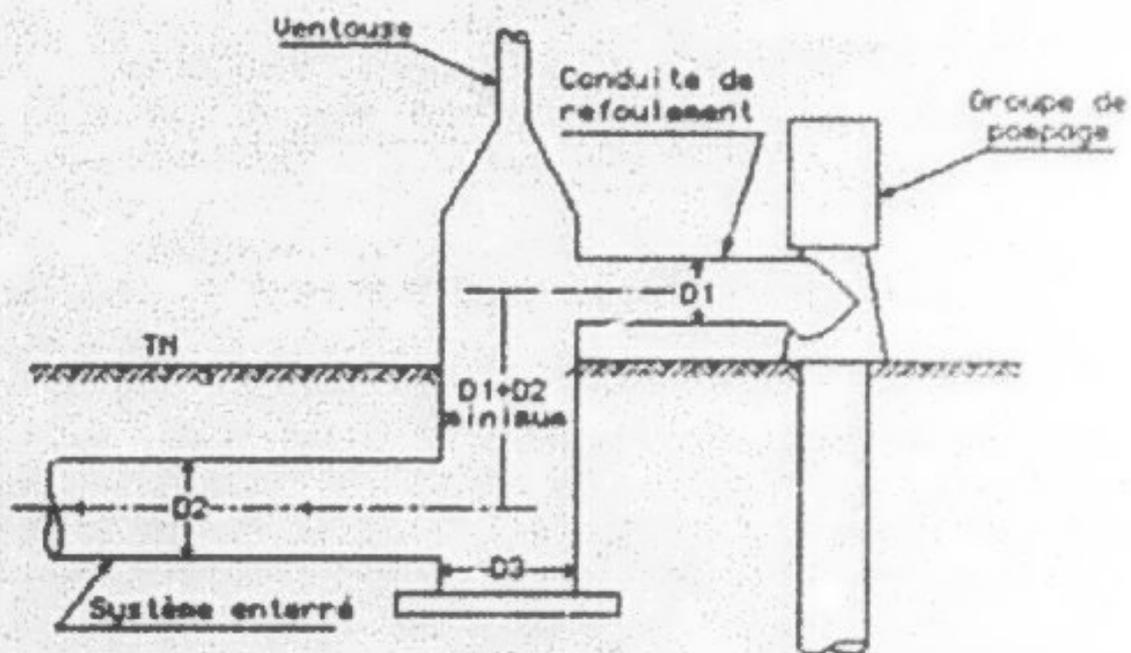
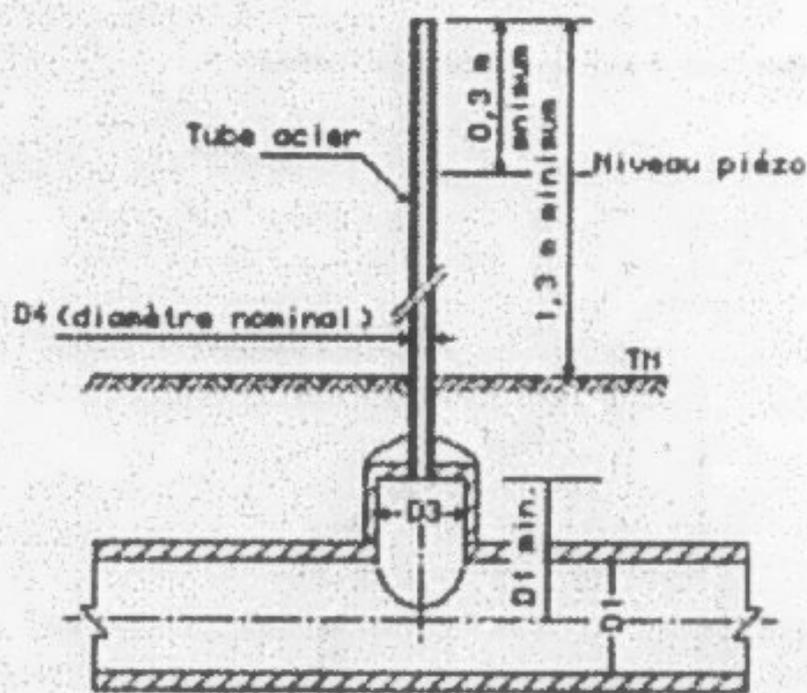


Fig. 25 - Ouvrage de raccordement à un groupe de pompage avec ventouse.



- Note :
- D1 - Diamètre de la conduite
 - D3 - Diamètre du reniflard $\geq 0,75 D1$
 - D4 - Diamètre (nominal) du tube acier $\geq 0,13 D1$

Fig. 26 - Section type d'une ventouse sur conduite

5-1-4 Les ouvrages spéciaux

Certains ouvrages spéciaux s'imposent dans certaines conditions pour améliorer la conduite de l'irrigation :

- Réservoir de stockage

Le réservoir de stockage à l'intérieur de l'exploitation agricole peut se révéler nécessaire dans les situations suivantes :

- Lorsque l'exploitation agricole est approvisionnée par un réseau collectif et l'irrigant souhaite se libérer de la contrainte du tour d'eau et de la main d'eau imposés par l'organisation du réseau collectif.

Dans ce cas le réservoir permet de stocker l'eau provenant du réseau collectif au moment du tour d'eau, et l'agriculteur en dispose pour irriguer ses parcelles pendant le temps et avec le débit qui lui conviennent, particulièrement pour pratiquer l'irrigation par aspersion ou localisée au lieu de l'irrigation de surface initialement prévue.

Ce réservoir peut aussi fonctionner dans ce cas comme décanteur lorsque l'eau reçue est chargée d'éléments fins qui risquent de nuire aux arroseurs ou goutteurs.

- Dans certaines régions, l'exploitation agricole est approvisionnée à partir d'un puits de surface dont le débit est faible et présentant des tarissements intermittents. L'eau est alors pompée dans un réservoir à partir duquel l'irrigant dispose du débit nécessaire à la pratique de l'irrigation au niveau de la parcelle.

- Ouvrages de filtration

L'extension de l'irrigation localisée impose une qualité physique irréprochable de l'eau. L'élimination des corps flottants (organiques, débris, etc) et des éléments fins sableux et argileux est nécessaire lorsque l'eau provient d'un oued ou d'un barrage. Les filtres commercialisés avec les installations d'irrigation localisée ne peuvent souvent assurer leur fonction dans des bonnes conditions : interventions fréquentes de lavage de filtres qui entraînent des perturbations du temps d'irrigation et exigent de la main d'œuvre.

La figure -27- présente des exemples d'ouvrage simple permettant d'aider à la filtration de l'eau.

L'inconvénient de ces ouvrages est d'annuler la pression de l'eau desservie par la borne d'irrigation. Un pompage de l'eau devient parfois nécessaire pour le fonctionnement du réseau enterré; la station de pompage doit se situer alors à l'aval de l'ouvrage de filtration.

5 - 2 Ouvrages sur réseau enterré de type californien

Le réseau de type californien est destiné à équiper les exploitations d'un système enterré à basse pression. La charge d'eau au niveau des prises en tête des parcelles irriguées est de 1 à 5 mètres de colonne d'eau.

5-1-4 Les ouvrages spéciaux

Certains ouvrages spéciaux s'imposent dans certaines conditions pour améliorer la conduite de l'irrigation :

- Réservoir de stockage

Le réservoir de stockage à l'intérieur de l'exploitation agricole peut se révéler nécessaire dans les situations suivantes :

- Lorsque l'exploitation agricole est approvisionnée par un réseau collectif et l'irrigant souhaite se libérer de la contrainte du tour d'eau et de la main d'eau imposés par l'organisation du réseau collectif.

Dans ce cas le réservoir permet de stocker l'eau provenant du réseau collectif au moment du tour d'eau, et l'agriculteur en dispose pour irriguer ses parcelles pendant le temps et avec le débit qui lui conviennent, particulièrement pour pratiquer l'irrigation par aspersion ou localisée au lieu de l'irrigation de surface initialement prévue.

Ce réservoir peut aussi fonctionner dans ce cas comme décanteur lorsque l'eau reçue est chargée d'éléments fins qui risquent de nuire aux arroseurs ou goutteurs.

- Dans certaines régions, l'exploitation agricole est approvisionnée à partir d'un puits de surface dont le débit est faible et présentant des tarissements intermittents. L'eau est alors pompée dans un réservoir à partir duquel l'irrigant dispose du débit nécessaire à la pratique de l'irrigation au niveau de la parcelle.

- Ouvrages de filtration

L'extension de l'irrigation localisée impose une qualité physique irréprochable de l'eau. L'élimination des corps flottants (organiques, débris, etc) et des éléments fins sableux et argileux est nécessaire lorsque l'eau provient d'un oued ou d'un barrage. Les filtres commercialisés avec les installations d'irrigation localisée ne peuvent souvent assurer leur fonction dans des bonnes conditions : interventions fréquentes de lavage de filtres qui entraînent des perturbations du temps d'irrigation et exigent de la main d'œuvre.

La figure -27- présente des exemples d'ouvrage simple permettant d'aider à la filtration de l'eau.

L'inconvénient de ces ouvrages est d'annuler la pression de l'eau desservie par la borne d'irrigation. Un pompage de l'eau devient parfois nécessaire pour le fonctionnement du réseau enterré; la station de pompage doit se situer alors à l'aval de l'ouvrage de filtration.

5 - 2 Ouvrages sur réseau enterré de type californien

Le réseau de type californien est destiné à équiper les exploitations d'un système enterré à basse pression. La charge d'eau au niveau des prises en tête des parcelles irriguées est de 1 à 5 mètres de colonne d'eau.

Ce système est généralement simple et peut être construit avec des moyens locaux disponibles. Les prises en tête des parcelles sont équipées d'une vanne vissée dite "californienne" fabriquée par certains fondeurs tunisiens.

La figure -28- donne un aperçu général sur le réseau californien. En terrain de forte pente le réseau est muni en certains points d'un ouvrage de réduction de la pression qui permet d'éviter la grande variation de la charge hydraulique sur les prises californiennes, ce qui est de nature à entraîner une faible variation du débit obtenu de ces prises.

Des ventouses (reniflards) du type présenté dans la figure -26- sont à conseiller aux points élevés du réseau en vue d'en assurer la protection.

La figure -29- présente un ouvrage type de réduction de la pression.

La figure -30- présente des variantes pour la prise californienne. Divers dispositifs peuvent être adaptés pour éviter l'érosion ou s'accomoder à diverses méthodes d'irrigation à la parcelle. Un hydrant fixé à la vanne californienne permet de pratiquer l'irrigation de surface au moyen d'une rampe à vannettes.

5 - 3 Ouvrages surréseau enterré sous-pression

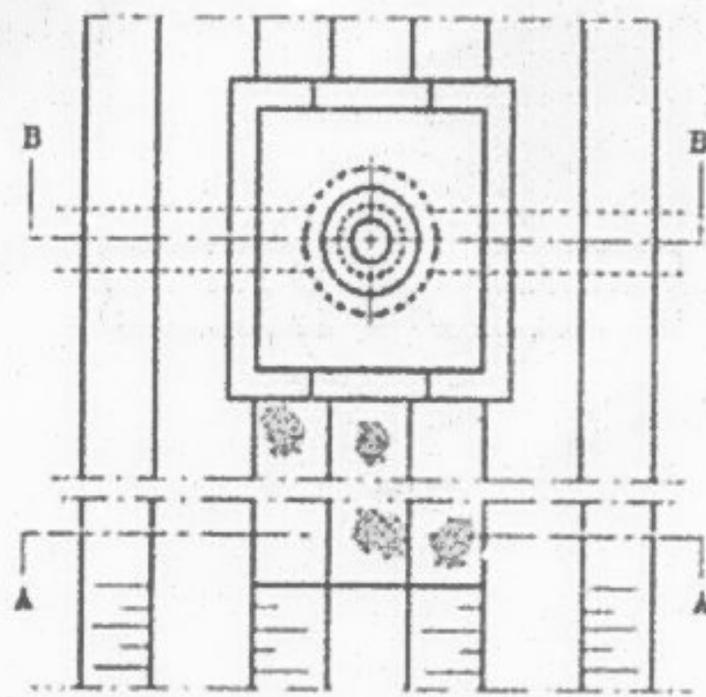
Le réseau sous-pression devra assurer une pression de plus de 3 bars aux prises d'eau en tête des parcelles d'irrigation. Car il est destiné à desservir des installations d'irrigation par aspersion ou localisée.

Les précautions particulières à prendre pour ce type de réseau sont :

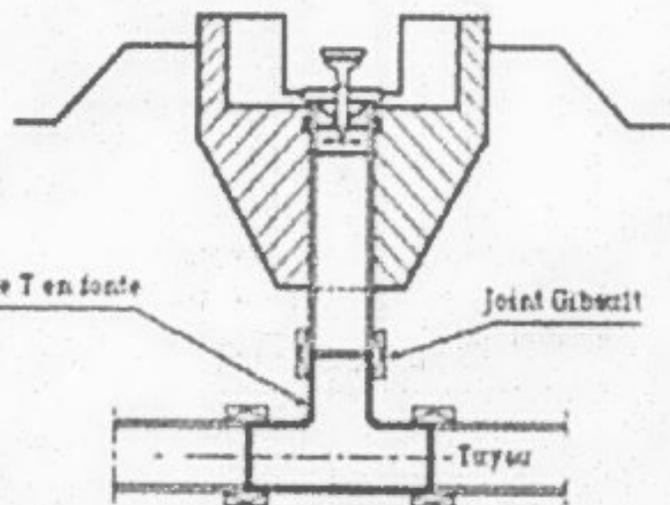
- L'adoption d'une vitesse d'eau entre 0,5 et 1,2 m/s à l'intérieur des conduites.
- Le choix adéquat de la classe de pression pour les tuyaux à enterrer.
- L'installation de ventouses aux points élevés du réseau dont le diamètre est égal à $\frac{1}{10}$ du diamètre de la conduite enterrée.
- En phase d'exploitation, il est important de maintenir une faible vitesse n'excédant pas 0,7 m/s lors du remplissage du réseau.

Ces dispositions sont nécessaires pour protéger le réseau contre les coups de bélier préjudiciables à son bon fonctionnement (fissuration des tuyaux, décollement des joints, ...).

VANNE CALIFORNIENNE



Coupe A-A



Pièce T en fonte

Joint Gibbutt

Tuyau

Coupe B-B

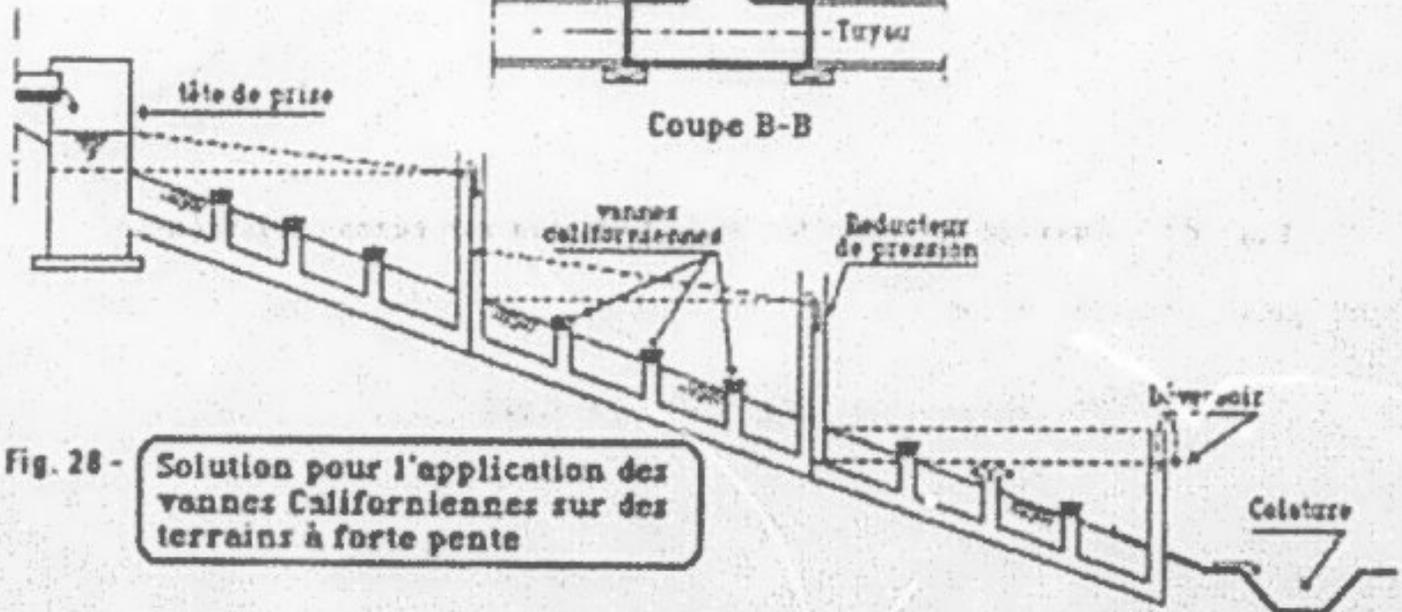


Fig. 28 - Solution pour l'application des vannes Californiennes sur des terrains à forte pente

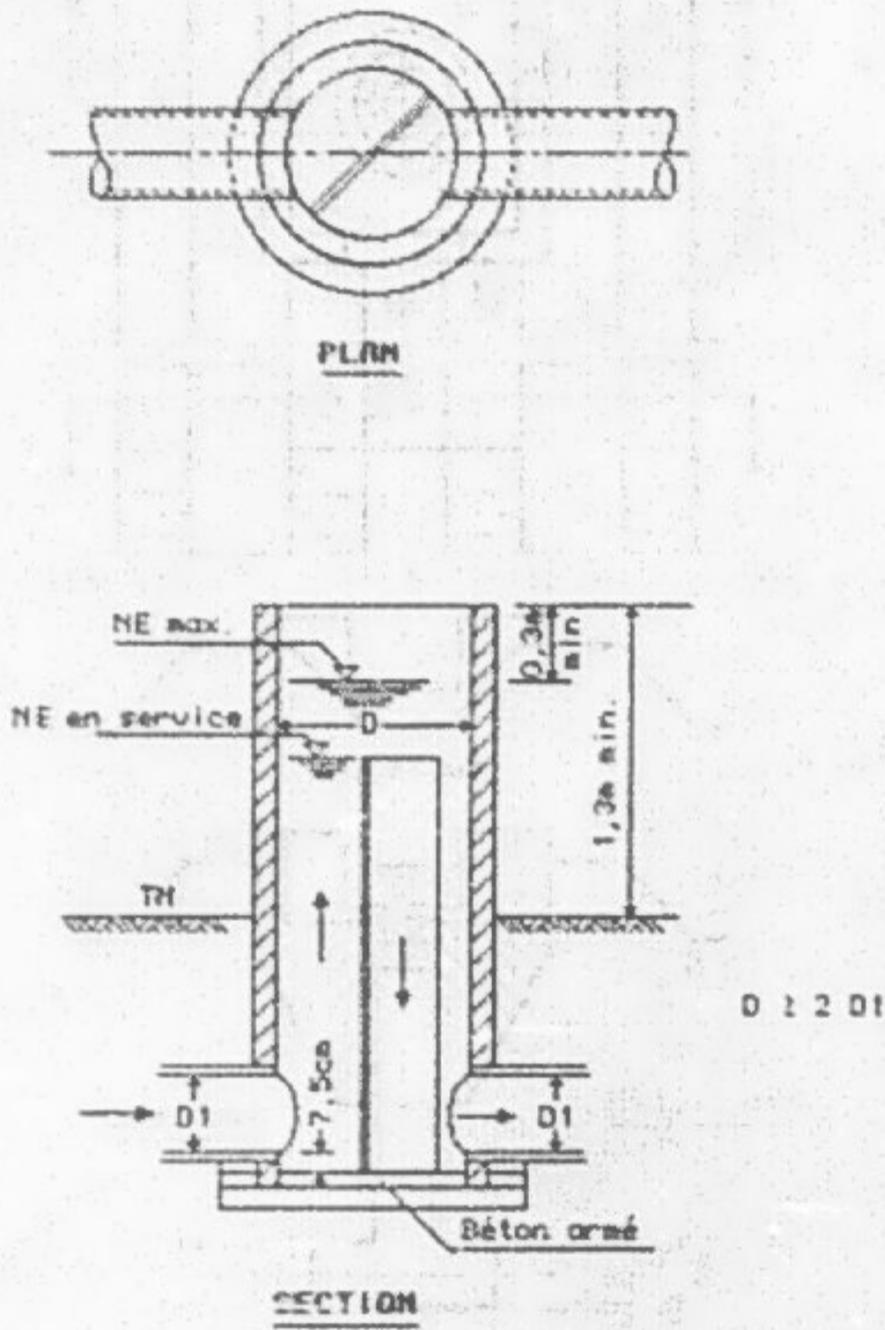
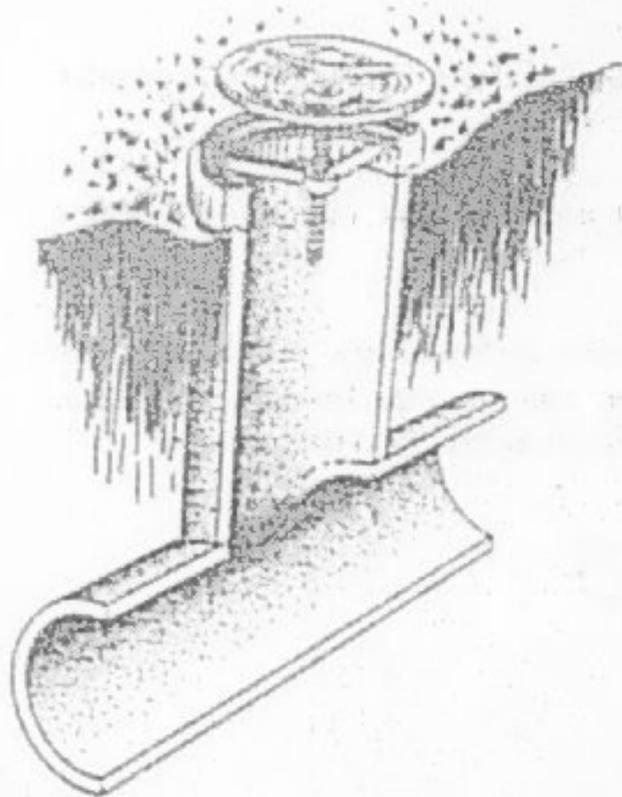
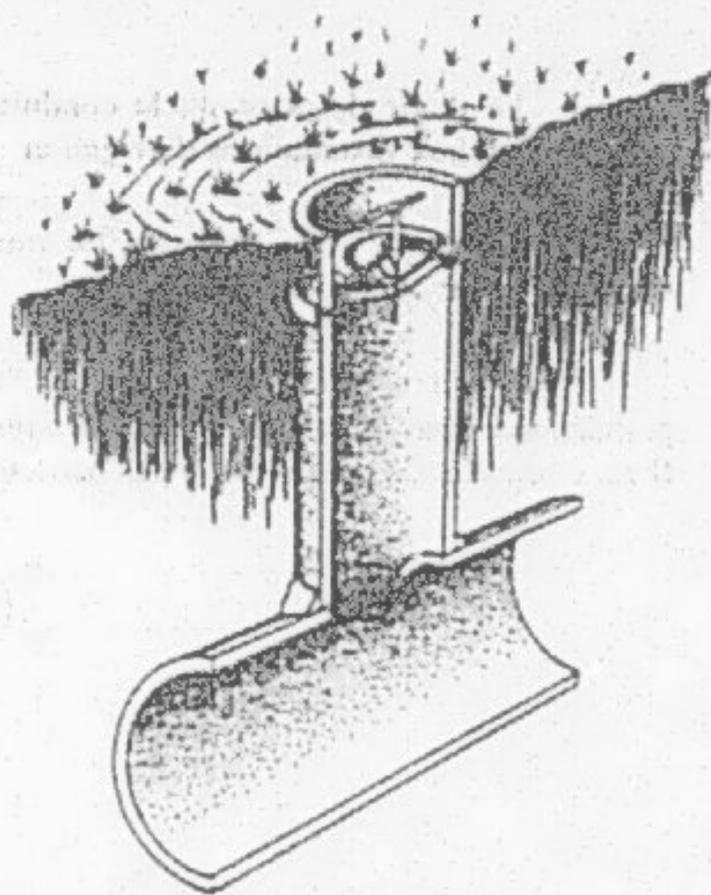


Fig. :29 - Ouvrage de reduction de la pression sur réseau californien

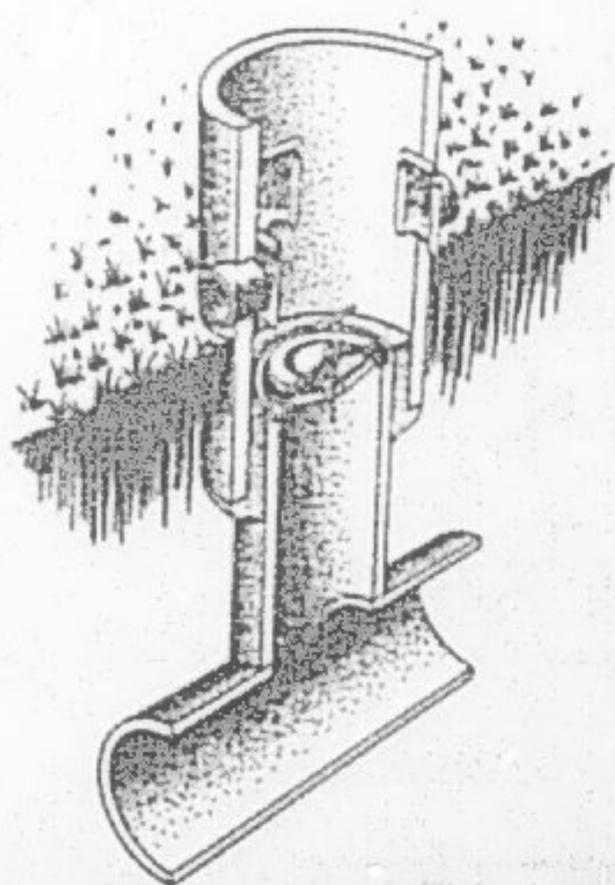
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.



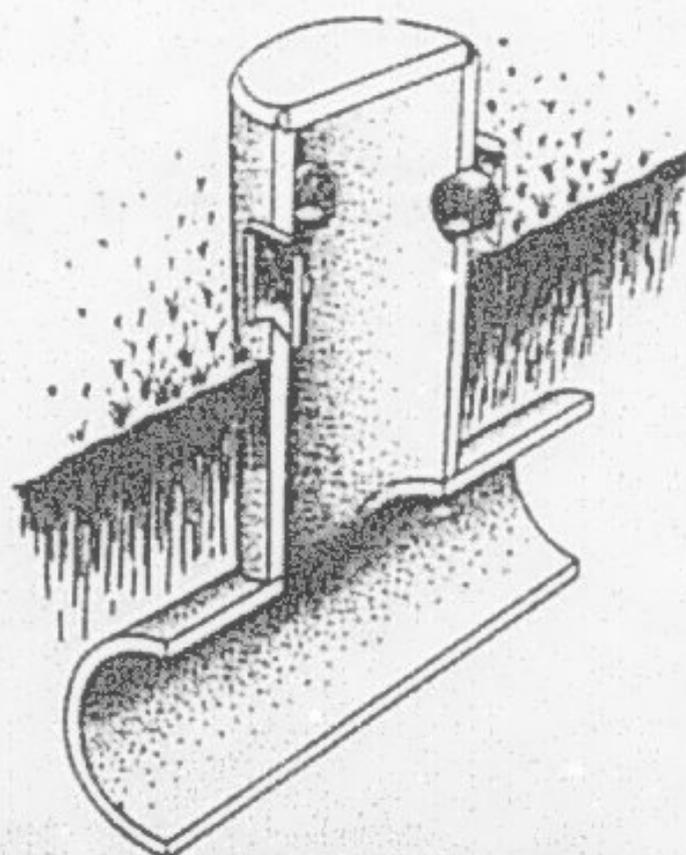
a - Prise californienne type



b - Prise californienne de faible débit



c - adaptation de la prise pour les sillons



d - autre adaptation sans vanne

Fig.- 30- Prises californiennes

Le mode de prise sur la conduite, en tête de parcelle à irriguer, doit s'adapter parfaitement aux installations d'irrigation.

La figure -31- présente un mode pouvant convenir aux conduites mobiles d'irrigation par aspersion.

D'autres modes de prise d'eau munie de vannes hydrants sont prévus pour les grandes machines d'irrigation par aspersion : enrouleur, canon, rampe frontale, pivot, etc. Il est conseillé d'acquérir ces prises particulières avec les installations d'irrigation.

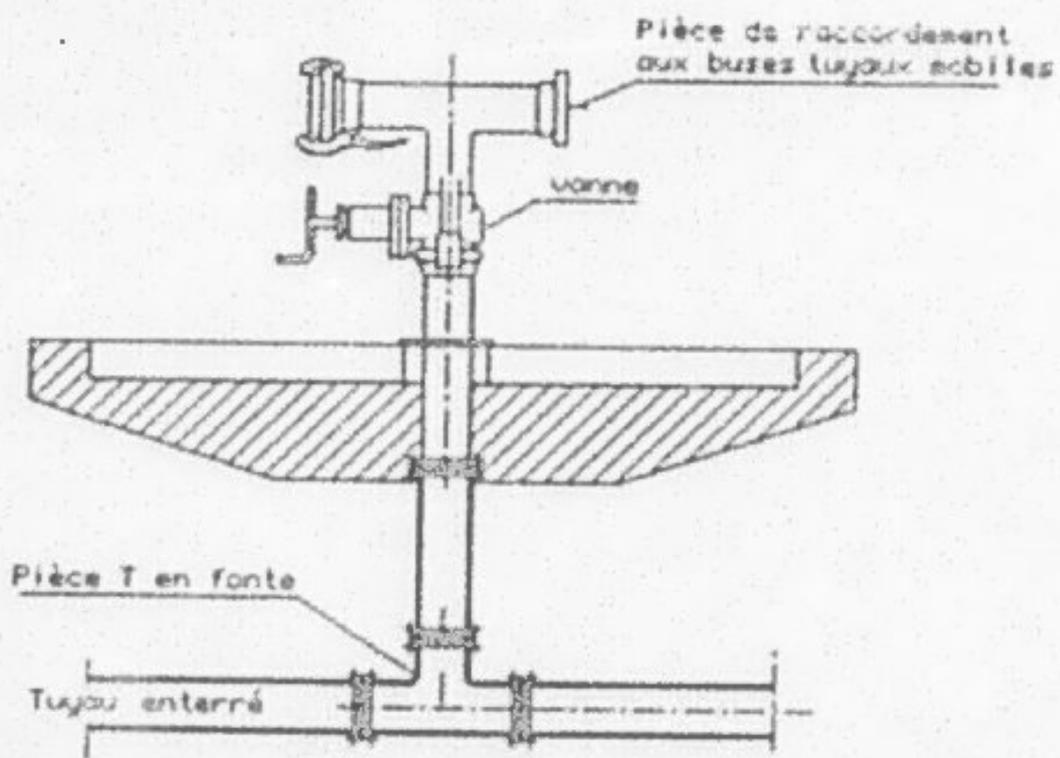
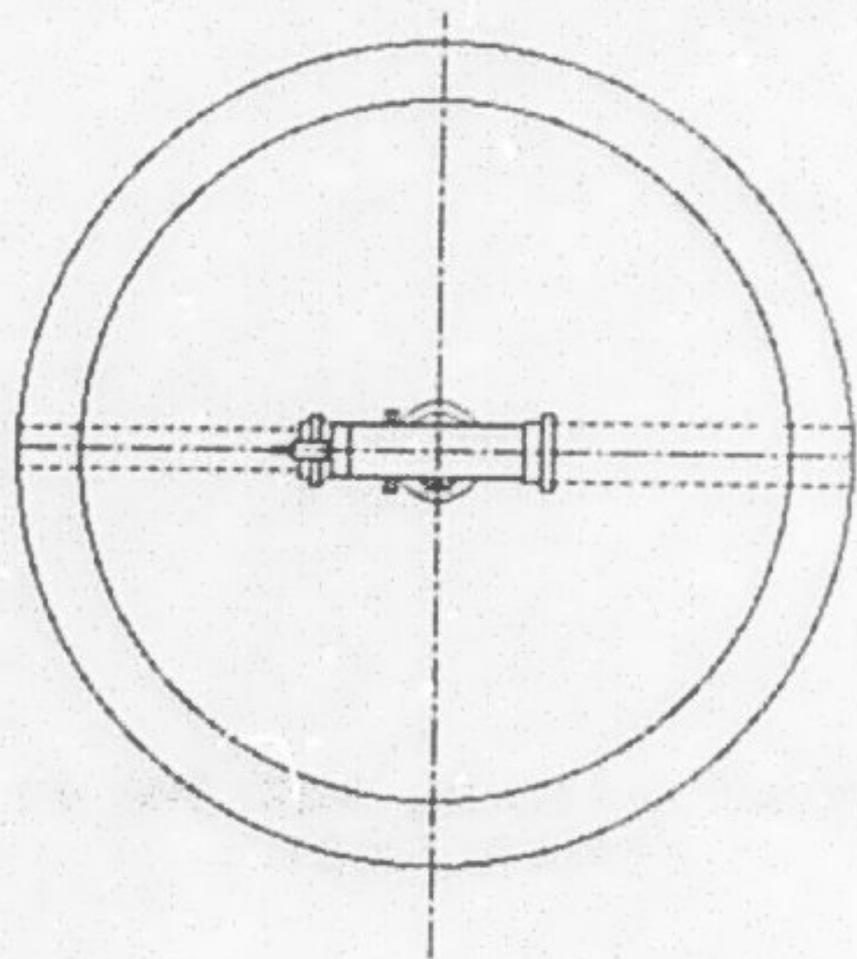


Fig. 31 - Prise type-aspersion sur canalisation enterrée

**LE SYSTEME EN CANALISATIONS
TEMPORAIRES**

D - LE SYSTEME EN CANALISATIONS TEMPORAIRES

1 - CONDITIONS D'APPLICATION

Le système en canalisations temporaires est un système qui peut être adopté pour améliorer l'irrigation dans les exploitations agricoles sans contraintes majeures d'investissement, tout en assurant une économie d'eau appréciable.

Quelques tronçons du système sont en conduites semi-fixes pour toute la saison d'irrigation, des antennes mobiles ou volantes sont utilisées pour desservir en eau les parcelles à irriguer.

Le fonctionnement du réseau peut exiger de la pression qui est fournie par la borne d'irrigation d'un réseau collectif ou par pompage individuel.

Ce système, d'une durée de vie inférieure à celui d'un système enterré, peut rendre service à l'irrigant pendant plusieurs années (10 à 15 ans) en attendant une prise de décision sur le système définitif à adopter. Il nécessite, cependant, une main d'œuvre disponible capable de déplacer les canalisations à un rythme parfois journalier.

2 - MATERIAUX

Le réseau est maintenu à la surface du sol, et constitué de tuyaux de type mobile.

Les matériaux utilisés pour les tuyaux sont :

- L'acier galvanisé ou l'aluminium avec un diamètre de 50 à 200 mm; la longueur des éléments fabriqués en Tunisie est de 6 m. Ces tuyaux sont munis de raccords mécaniques ou hydrauliques selon la marque commercialisée.

Le poids d'un tuyau de 6 m en acier avec raccord est de 16 kg pour \varnothing 87 mm et 22 kg pour \varnothing 105 mm. En aluminium on compte pour des tubes de 6 m : 6 kg en \varnothing 75 mm et 9 kg en \varnothing 100 mm.

- Le PVC traité et le polyéthylène sont de plus en plus utilisés par certains agriculteurs, mais le PVC normal non protégé contre l'effet des rayons solaires est à déconseiller, car il se dégrade rapidement sous le climat du pays.

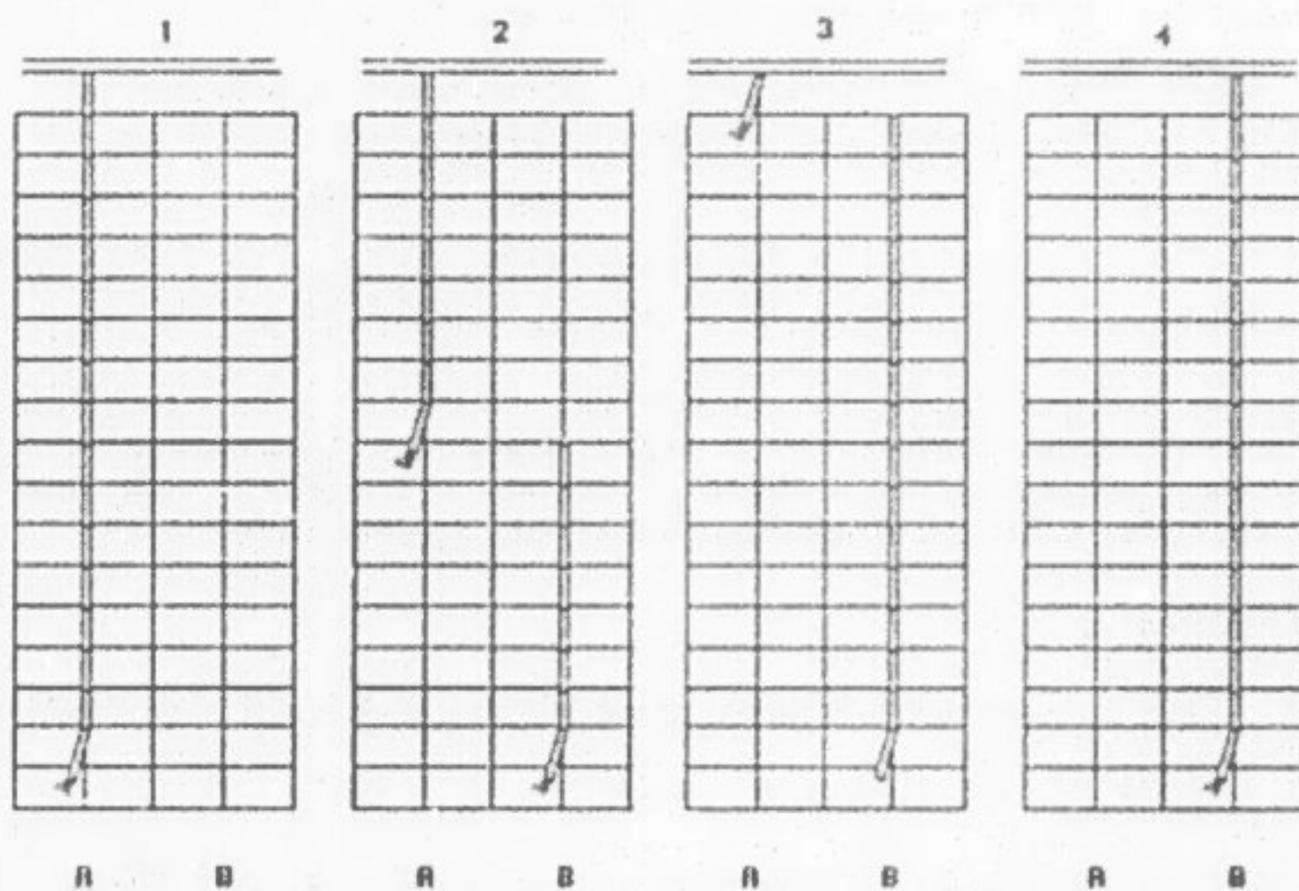
Des gaines en film plastique sont aussi commercialisées. Elles peuvent subvenir au besoin d'une campagne d'irrigation.

3 - INSTALLATION

L'emploi de ces canalisations est fréquent avec l'irrigation par aspersion ou localisée.

Le réseau mobile est aussi appliqué en irrigation de surface. Avec l'arrosage par submersion, les canalisations mobiles se révèlent avantageuses. On monte la conduite entre

deux rangées de bassins (fig -32-) et l'arrosage commence par le plus bas. A mesure que les cuvettes sont remplies d'un côté et de l'autre de la conduite, les tuyaux sont démontés et transférés par dessus deux cuvettes pour reconstituer une ligne parallèle à la première qui se trouvera entièrement montée lorsque celle-ci aura terminé sa tâche. Le matériel travaille ainsi en plein.



- 1 - L'arrosage débute par les bassins de l'aval de la ligne A.
- 2 - Au fur et à mesure de l'arrosage des bassins de la ligne A, la canalisation est démontée et remontée sur la ligne B.
- 3 - L'arrosage de A se termine. La conduite est presque entièrement remontée sur B.
- 4 - Il suffit du montage d'un seul élément pour que B soit en mesure de fonctionner, sans perte de temps.

Fig. 32 Irrigation par canalisations volentes

ANNEXES

ANNEXES

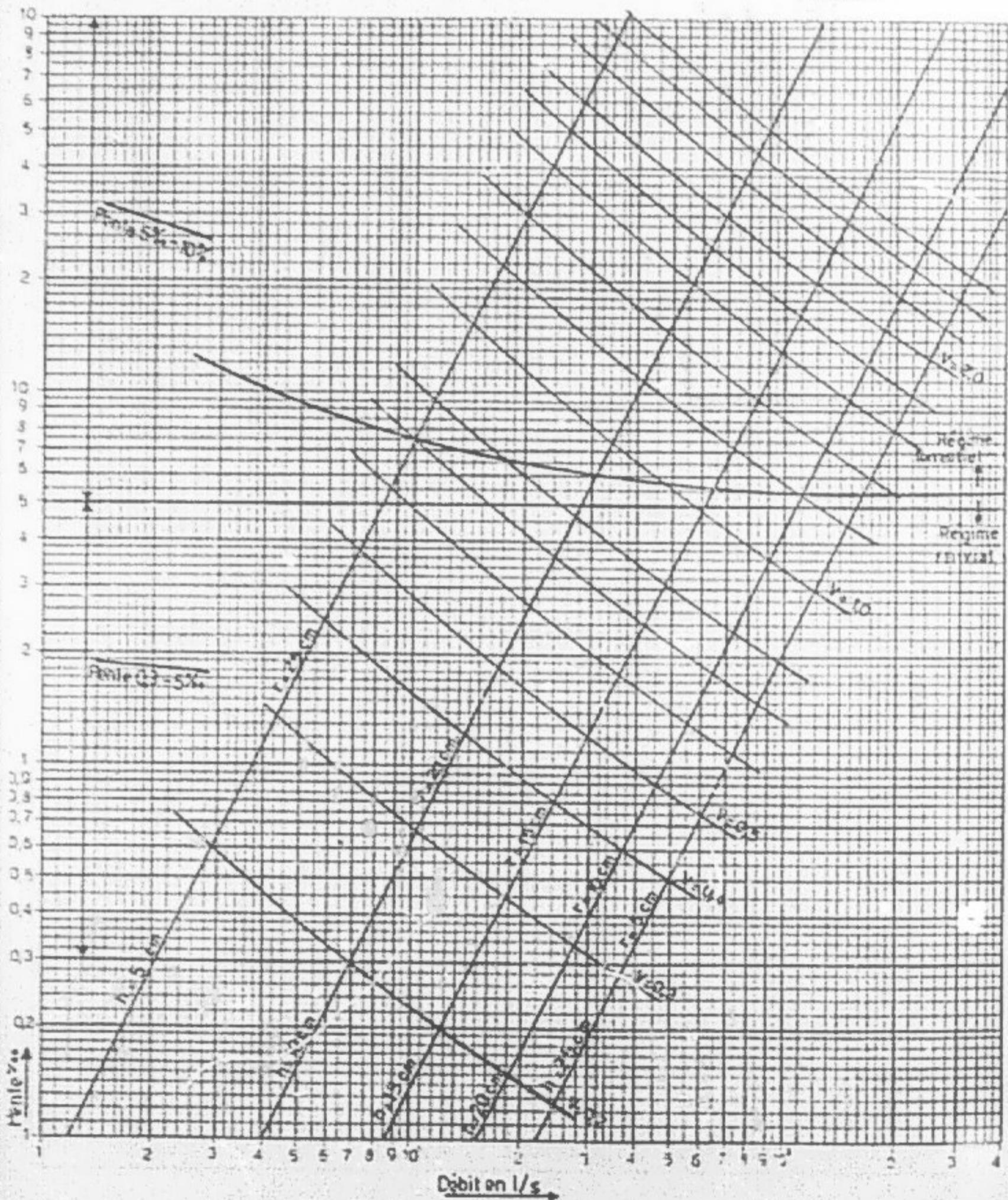
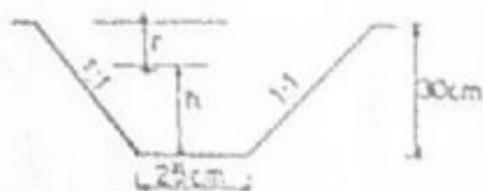
CANAL EN TERRE, REVETU DE BETON

Annexe - I -

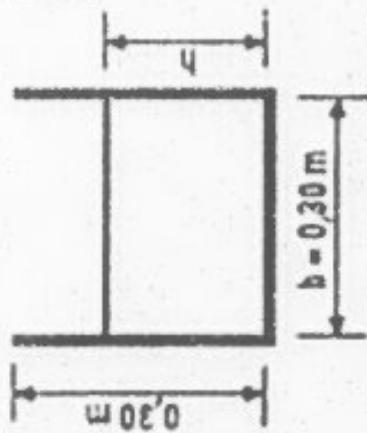
TYPE 25/30 (Coulé sur place)

B = 25 cm - H = 30 cm

Talus 1/1 - Ks = 70

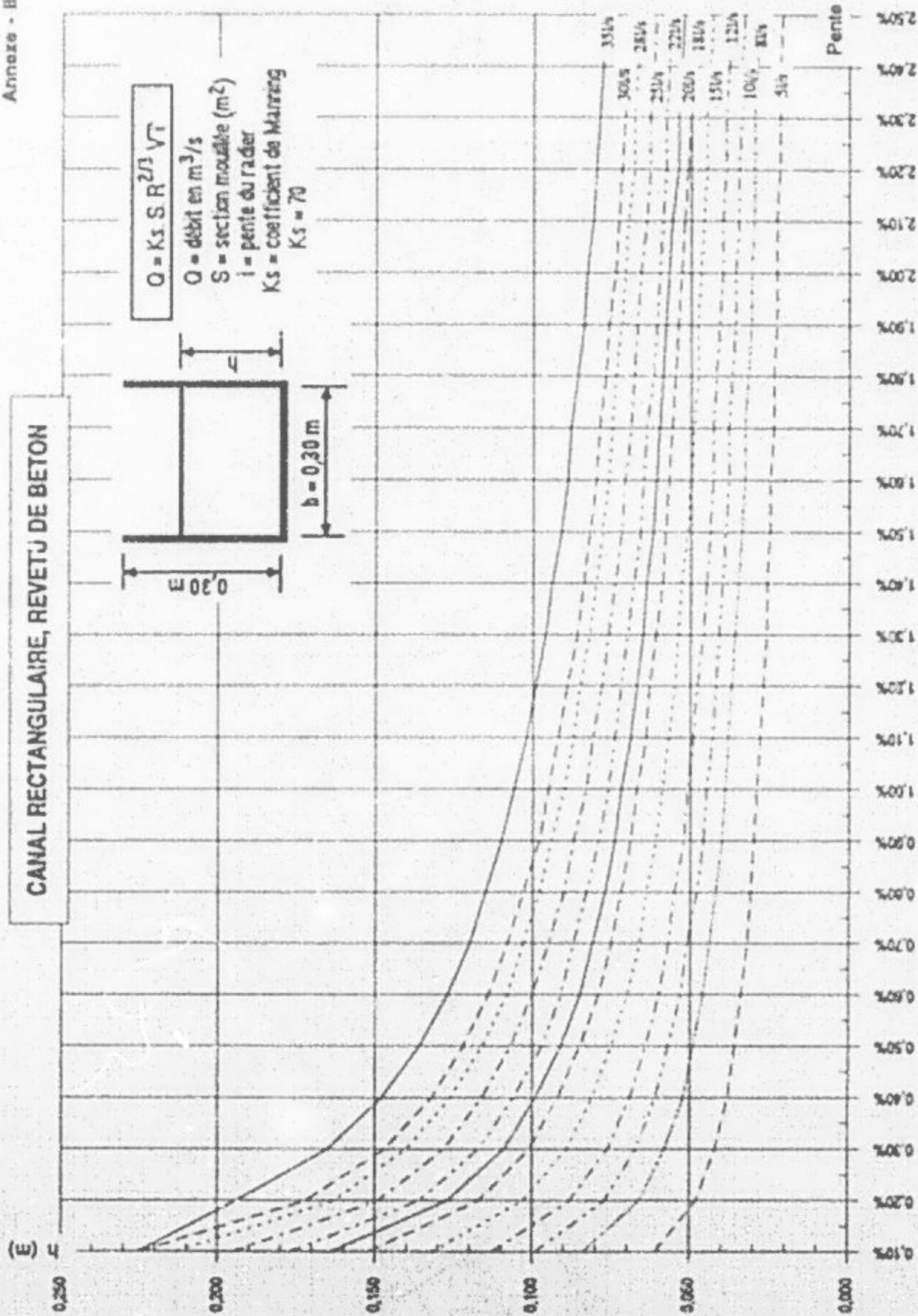


CANAL RECTANGULAIRE, REVÊTU DE BÉTON



$$Q = K_s S R^{2/3} \sqrt{i}$$

Q = débit en m^3/s
 S = section mouillée (m^2)
 i = pente du radier
 K_s = coefficient de Manning
 $K_s = 70$



ANNEXE - III- REVETEMENT DES CANAUX D'IRRIGATION ET LEURS CARACTERISTIQUES PRINCIPALES *

| Type de revêtement et épaisseur | Durabilité (durée de service) | Pertes d'eau en m ³ par m ² par 24 heures | Autres caractéristiques importantes |
|--|--|--|--|
| A. Revêtement à surface dure | | | |
| Béton de ciment Portland, non armé, 5 cm | Estimé en général à 50 ans | Inférieures à 0,03 si bien construit et entretenu, mais on a mesuré des pertes allant jusqu'à 0,15 | Convient à toutes les dimensions de canaux, et pour toutes les conditions topographiques, climatiques et d'exploitation ; nécessite un sol de fondation ferme ; sensible aux angles gonflants ; il est essentiel d'avoir des agrégats à proximité du chantier ; construction à la main ou par coffrages pressants. |
| Mortier de ciment projeté à l'air comprimé, sans armature métallique, 5 cm | Si le climat est doux et les sous-sols stables, durée de vie 30 ans | 0,03-0,06 | Comme ci-dessus, mais pas besoin d'agrégats grossiers ; équipement spécial nécessaire ; d'une manière générale, pas économique pour de grands chantiers ; convient pour des sols de fondation en roches pures |
| Dalles de béton de ciment préfabriquées, 7 cm | A peu près comme ci-dessus dans le cas d'un bon entretien | Si les joints sont bien étanches, peuvent descendre jusqu'à 0,03 | Avantageuses là où les revêtements en béton ne peuvent être plus économiques (manque d'agrégats sur place, moyens de transport disponibles pour les matériaux préfabriqués). |
| Sol-ciment, mélange à sec, 13 cm | Dépend dans une grande mesure de la teneur en ciment ; on a signalé des durées de 23 ans | 0,03-0,06 | Quoique moins durable que le béton de ciment Portland, son bas prix de premier établissement en fait un revêtement économique, là où on peut disposer de sols sableux acceptables, extraits de l'excavation ou de son voisinage immédiat. |
| Sol-ciment, plastique, 7,6 cm | | | |

* Extrait de "Revetement des canaux d'irrigation" - FAO

ANNEXE - III- REVETEMENT DES CANAUX D'IRRIGATION ET LEURS CARACTERISTIQUES PRINCIPALES *

| Type de revêtement et épaisseur | Durabilité (durée de service) | Pertes d'eau en m ³ par m ² par 24 heures | Autres caractéristiques importantes |
|--|--|--|--|
| A. Revêtement à surface dure | | | |
| Béton de ciment Portland, non armé, 5 cm | Estimé en général à 50 ans | Inférieures à 0,03 si bien construit et entretenu, mais on a mesuré des pertes allant jusqu'à 0,15 | Convient à toutes les dimensions de canaux, et pour toutes les conditions topographiques, climatiques et d'exploitation ; nécessite un sol de fondation ferme ; sensible aux angles gonflants ; il est essentiel d'avoir des agrégats à proximité du chantier ; construction à la main ou par coffrages pressants. |
| Mortier de ciment projeté à l'air comprimé, sans armature métallique, 5 cm | Si le climat est doux et les sous-sols stables, durée de vie 30 ans | 0,03-0,06 | Comme ci-dessus, mais pas besoin d'agrégats grossiers ; équipement spécial nécessaire ; d'une manière générale, pas économique pour de grands chantiers ; convient pour des sols de fondation en roches pures |
| Dalles de béton de ciment préfabriquées, 7 cm | A peu près comme ci-dessus dans le cas d'un bon entretien | Si les joints sont bien étanches, peuvent descendre jusqu'à 0,03 | Avantageuses là où les revêtements en béton ne peuvent être plus économiques (manque d'agrégats sur place, moyens de transport disponibles pour les matériaux préfabriqués). |
| Sol-ciment, mélange à sec, 13 cm | Dépend dans une grande mesure de la teneur en ciment ; on a signalé des durées de 23 ans | 0,03-0,06 | Quoique moins durable que le béton de ciment Portland, son bas prix de premier établissement en fait un revêtement économique, là où on peut disposer de sols sableux acceptables, extraits de l'excavation ou de son voisinage immédiat. |
| Sol-ciment, plastique, 7,6 cm | | | |

* Extrait de "Revetement des canaux d'irrigation" - FAO



SUITE EN

F

2



MICROFICHE N°

08768

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

2



MICROFICHE N°

08768

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 2

| | | | |
|---|---|--|---|
| Béton d'asphalte, appliqué en place, 5 cm | Rarement plus de 15 à 20 ans | Environ 0,03, mais augmentera rapidement si envahi par la végétation | Pour le Type appliqué en place, il est essentiel de disposer d'apprêts sur place ; vu sa durée plus courte, le béton d'asphalte n'offre aucun avantage sur le béton de ciment, excepté sur les sols de fondation moins stables (argiles gonflantes) ; il offre également une meilleure résistance à certaines déformations d'origine chimique ; sujet à la pénétration par la végétation. |
| Béton d'asphalte, en dalles préfabriquées, 3,5 cm | Peut être de même ordre que le béton de ciment, si convenablement construit et entretenu. | Risques avec chute de ciment : environ 0,03.
Pierres : relativement perméables, à moins d'être soigneusement jointoyées au ciment | Méthodes demandant beaucoup de main-d'œuvre ; il est essentiel que les matériaux de construction soient disponibles sur place ou au voisinage immédiat. |

B. Membranes non enterrées

| | | | |
|---|---|---|--|
| Matériaux asphaltiques
Pudrifié (0,12 mm - 6 mois)
Résineux | Souvent quelques campagnes d'irrigation | Très variables suivant la pénétration par la végétation. C'est déçus d'origine mécanique et le vieillissement | Ne peuvent convenir que comme revêtement provisoire pour arrêter les infiltrations. |
| Craquelés synthétiques (1,40 mm - 60 mois) | Pas encore connu, mais pas inférieur à 10 ans | Négligeables si convenablement joint et entretenu | Permet d'arrêter les infiltrations en permanence, s'il est convenablement protégé des dégâts d'origine mécanique, mais son coût est élevé. |

C. Membranes enterrées

| | | | |
|--------------------------------------|--|---------------|--|
| Asphalte appliqué en place | Dépend dans une grande mesure de la résistance à l'érosion du matériau de couverture, de l'entretien (végétation parasite, effet des racines, animaux fouisseurs) et des conditions d'exploitation (vibrations). | Moins de 0,05 | La possibilité d'utiliser le sol de l'excavation comme matériau de couverture est un élément important, pour des raisons d'ordre économique. |
| Membranes asphaltiques préfabriquées | | Moins de 0,08 | Obligation pour le matériel de réchauffage et de pulvérisation de se déplacer le long du canal ; l'entretien de personnel qualifié. Matériaux faciles à transporter et à mettre en place, mais le placement du matériau de couverture, surtout lors des vagues, a été parfois un problème. |

| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>Polyéthylène
(0,24 mm = 10 mils)</p> <p>Polyvinyle
(0,24 mm)</p> <p>Cauchoûs synthétique
(0,77 mm = 31 mils)</p> | <p>durée de service d'au moins
15 ans. Les membranses en
cauchoûs dureront
pratiquement beaucoup plus
longtemps</p> | <p>Moins de 0.06</p> <p>Comme ci-dessus</p> <p>Moins de 0.03</p> | <p>Au bout de 7 ans. Les pontes d'eau sort du même ordre que dans les
canaux non revêtus</p> |
| <p>Couche de bentonite
(4-5 cm)</p> <p>Couche de bentonite
(3 cm)</p> | <p>Pas de renforcements</p> <p>Moins de 7 ans</p> | | |
| <p>Soûs-couche de feuilles de
plastique ou asphaltique
appliquée en place, sous
revêtement de béton de ciment</p> | <p>Déterminée par la durée de
service du revêtement en
béton de ciment</p> | <p>Pratiquement complètement
étanche si convenablement
construit</p> | <p>Très efficace pour éviter les infiltrations. Les joints du béton et les
crevasses n'ont pas besoin d'être étanchés, mais ils présentent
éventuellement être bouchés avec un mortier au ciment à protéger
la membrane sous-jacente.</p> |

D. Revêtements en terre

| | | | |
|---|---|---|--|
| <p>Epais compactés (environ 90 cm
d'épaisseur)</p> <p>Mince compactés (20 cm et
au dessous)</p> <p>Terre meuble non compactée
(sable, argile)</p> | <p>On a avais 20 ans dans des
études de rentabilité</p> | <p>Moins de 0.03 (on a mesuré
0.02)</p> | <p>N'est économiquement valable que si l'on trouve du sol acceptable
dans l'excavation ou dans une zone d'emprunt voisine. Les mixer
à sec et en eau consistent un risque pour tous les revêtements en
terre, par conséquent améliorer le compactage et augmenter la
perméabilité.</p> <p>Bas prix de premier établissement, mais peu efficaces pour éviter les
infiltrations ; présentent peu d'avantages par rapport aux canaux non
revêtus ; faible durabilité.</p> |
|---|---|---|--|

E. Produits d'atténuation des sols

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>Bentonite amenée par leau</p> <p>Carbonate de sodium</p> <p>Projetés à base de résine,</p> <p>produits plastiques, émulsions</p> <p>d'argiles et autres produits</p> <p>chimiques pulvérisés sur le sol</p> <p>de fondation</p> | <p>Une ou deux campagnes</p> <p>d'irrigation</p> | <p>Pour être de 0.30 environ</p> <p>en moyenne après traitement,</p> <p>mais peut varier considérable-</p> <p>ment</p> | <p>Constituent un moyen d'améliorer provisoirement les infractions dans</p> <p>des cas où non revêtus. L'effet d'atténuation est important</p> <p>immédiatement après le traitement, mais il peut être réduit à moins de</p> <p>la moitié après seulement une ou deux campagnes d'irrigation. Cette</p> <p>solution du marché peut représenter une alternative économique pour</p> <p>certains types de problèmes plus durables.</p> |
|--|--|--|--|

F. Casiers sur appuis et consolidations entières

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>Casiers en béton sur appuis</p> <p>(Consolidations entières en béton</p> <p>(préfabriqués ou coulés en</p> <p>place)</p> <p>Tuyaux pour les ou rigides posés</p> <p>à même le sol</p> | <p>Entière 50 ans</p> <p>Plus de 50 ans</p> <p>Entière incertaine</p> | <p>Négligeables, si les joints sont</p> <p>bien étanchés</p> <p>Négligeables, si les joints sont</p> <p>bien étanchés</p> <p>Pratiquement nulles</p> | <p>Relevement indépendants du sol et des conditions topographiques;</p> <p>rapport coût/débit élevé, ne sont économiquement viables que</p> <p>lorsque la valeur de l'eau est très élevée.</p> <p>Comme d'habitude particulièrement dans les régions accidentées ou</p> <p>marécageuses et avec des cultures intensives.</p> <p>Comme ci dessus</p> |
|--|---|--|---|

FIN

59

VUES