

201-2702

1

2

3

4

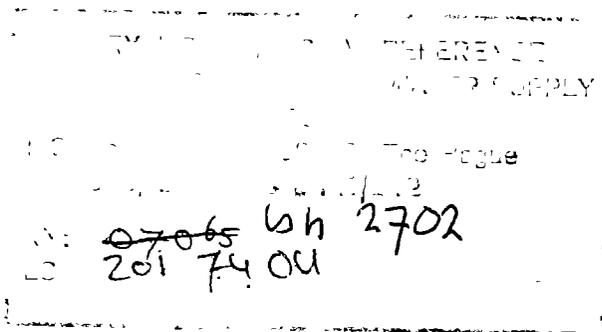
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

SECRETARIAT D'ÉTAT AUX AFFAIRES ÉTRANGÈRES

20, rue Monsieur, 75007 Paris

les ouvrages en gabions

**techniques rurales
en afrique**



Ce document a été établi en 1968 par la Société Générale des techniques hydro-agricoles, revu et complété par la Section technique Centrale des Travaux d'Hydraulique du Ministère de l'Agriculture et les Services du Ministère de la Coopération de la République Française.

Tous droits d'adaptation, de traduction et de reproduction par
tous procédés, y compris la photogravure et le microfilm, réservés
pour tous pays

© Secrétariat d'État aux Affaires Etrangères, 1969, réédition 1974

SOMMAIRE DE LA PREMIERE PARTIE

	Pages
I - PRESENTATION GENERALE	1
II - TECHNOLOGIE DU GABION	2
Définition, dimensions, formes	2
- Dimensions de la cage	2
- Dimensions des mailles	2
- Diamètre des fils et qualité	3
- Comparaison des mailles 80 x 110 et 110 x 120	3
- Poids des gabions	3
- Fils de ligature	4
- Formes particulières	4
Caractéristiques des gabions	4
- Homogénéité	4
- Déformabilité	4
- Perméabilité	4
- Simplicité des ouvrages	4
- Pérennité	7
Enduits	7
- Dosage des enduits	7
Filtres	7
III - MATERIAUX	8
IV - MONTAGE ET POSE	10
V - AUTRES TYPES DE GABIONS	11
Gabions "à flange"	11
Gabions "communs"	11
Gabions "à poche"	12
Cages métalliques	12
Gabions "palplanches"	12

SOMMAIRE DE LA DEUXIEME PARTIE

	Pages
<u>AMENAGEMENT DE COURS D'EAU</u>	17
GENERALITES	17
PROTECTION DE RIVES	17
<u>Berges insubmersibles</u>	17
- Hauteur des berges inférieures à 4 mètres	17
- schémas types de protection	18
- normes de construction	18
- principe de construction	18
- avant-métré	18
- Hauteur des berges supérieures à 4 mètres	18
- deux éventualités	18
- schémas types de protection	18
- schéma particulier	18
<u>Berges submersibles</u>	18
RECONSTITUTION DE RIVES	22
Ouvrages longitudinaux	22
- Schémas types : digue à muraille	22
- Superstructure des digues à murailles	23
- Dispositif para fouille	23
- Ouvrages longitudinaux submersibles	23
Ouvrages transversaux - épis	23
- Caractéristiques des épis	23
- Orientation des épis	24
- Distance entre épis	24
- Différentes parties d'un épi	24
- Le tenon d'ancrage	24
- Le contre-épi	24
- L'épi à proprement parler	29
- L'épi de rejet	29
- Tapis para fouille	29
- Infrastructure des épis	29
- Superstructure des épis	30
- Ouvrages mixtes	37
- Fixation du chenal de basses eaux	37
- Aménagement type	37
- Aménagement théorique d'un confluent	37

SOMMAIRE DE LA DEUXIEME PARTIE (suite)

	Pages
<u>PROTECTION D'OUVRAGES EN RIVIERE</u>	38
PILES	38
PROTECTION DES PILES	42
Protection par enrochement	42
Protection par gabions	42
CULEES	42
<u>AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE</u>	43
A - CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL	43
I - Généralités	43
II - Différents types d'ouvrages	43
a/ ouvrages d'exutoires	43
b/ seuls	44
c/ ouvrages écrêteurs	46
d/ ouvrages de réalimentation de nappe	49
e/ ouvrages de captage de matériaux charriés	49
B - EPANDAGE DES EAUX DE CRUES	49
I - Prise sur cours d'eau	49
II - Déversement sur digue	50
C - BARRAGES DE RETENUE	50

BIBLIOGRAPHIE ET DOCUMENTATION

- Documentation gabions PALVIS, FORTEX, TITAN, HERCULE.
- Gabions pour les défenses fluviales et les endiguements de montagne - Office MACCAFERRI BOLOGNE
- GABBIONI per DEFESE FLUVIALE E SISTEMAZIONI MONTANE (même auteur)
- Pierres en cage - SOGETRAM - PARIS
- Emploi du gabion métallique - Revue "Construction" Juin 1959 - pp. 191-192
- Le port de LAVERA - Revue "Construction" Février 1961
- Notice technique de mise en oeuvre et d'entretien du gabion métallique. Ministère des Armées - Service Central du Matériel
- Cahier des Charges du Génie Militaire
- Normes AFNOR - NF P 18304 - A 91 131 - A 91 121 - A 55 101
- Cours d'hydraulique fluviale - QUESNEL - Ecole Nationale du Génie Rural
- Ville de SIDI ALI NASRALLAH - Protection contre les inondations - SOGETHA - TUNIS 1961
- Question 13 - 4ème Congrès d'irrigation et de drainage - MADRID 1960
- Piles, culées et cintres de ponts - J.R. ROBINSON - DUNOD 1960
- L'érosion par les eaux en TUNISIE - COTHA 1956
- Contribution à l'étude de la conservation du sol en Afrique Occidentale - F.FOURNIER - Bis 1960
- Etudes pédologiques en HAUTE-VOLTA - SOGETHA 1962
- Etude d'un programme d'aménagement pour le bassin de FOUM MECHRA et de sa zone d'épandage - SOGETIM
- Les barrages en terre - MALLET et PACQUANT - EYROLLES 1951
- Les barrages en terre compactée - Pratiques américaines POST et LONDES GOULBUIS-VILLARS - PARIS 1953
- Aide Mémoire - DUNOD - TRAVAUX PUBLICS
- Les petits barrages en terre - SOGETHA 1962
- Barrages Mauritanie (SANGARAFA) - SOGETHA 1960-1962
- Etude d'une digue déversante pour barrage interne - SOGREAH 1956
- Irrigation de la région d'EL KELAA - GETIM
- Oued EL KHAIRATE - Irrigation par épandage des crues SOGETHA - TUNIS
- Périmètre de l'Oued DJIR - SOGETHA - TUNIS 1961
- Possibilité d'emploi du gabion métallique dans les travaux de Génie Civil Journal de la Construction Suisse Romande - 31 Octobre 1962
- Technique des Travaux - Traité de pratique de travaux JACOBSON - Tomes I et III
- BAUZIL - Traité d'irrigation - EYROLLES 1952

ORGANISMES OU SERVICES CONSULTES OU CONTACTES

- Fournisseurs français de gabions
- SOGETHA - Archives
- Ministère des Travaux Publics
- Bibliothèque Nationale
- Imprimerie Nationale
- Service de Documentation des Ponts et Chaussées
- Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics
- Service central des voies navigables
- Association Française de Normalisation
- HAMELLE Afrique
- DAVUM
- Ministère de l'Agriculture - Service Génie Rural Hydraulique
- S.N.C.F. - Service "Documentation"
- E.D.F. - Service "Documentation"
- Conservatoire National des Arts et Métiers
- Syndicat de constructeurs des gabions métalliques
- Revue "Moniteur des Travaux Publics"
- Terres et Eaux
- Industries et Travaux d'Outre-Mer
- Modernisation Revue
- Entreprise Industrielle et des Travaux Publics
- Syndicat des Entreprises travaillant Outre-Mer
- Eyrolles - (Editeur)
- Dunod - (Editeur)
- Laboratoire National de l'Hydraulique - CHATOU
- Génie Militaire d'ANGERS
- Ministère des Armées - Service Central du matériel du Génie - VERSAILLES
- Bureau Interafricain des sols - PARIS

A N N E X E S

- Annexe n°1
- Etablissement d'un Cahier des Charges type
- Annexe n°2
- Barrage de dérivation à Sidi Ali Nasr Allah (Tunisie)
- Annexe n°3
- Seuls et exutoires à Foum Mechra (Maroc)
- Annexe n°4
- Barrage de Sangarafa (Mauritanie)
- Annexe n°5
- Ouvrage de chute - Oued el Khairate (Tunisie)
- Annexe n°6
- Ouvrage de chute - Oued Djir (Tunisie)
- Annexe n°7
- Ouvrage de sécurité - Plaine des Moattis (Tunisie)
- Annexe n°8
- Ouvrage de débouché - Plaine des Moattis (Tunisie)
- Annexe n°9
- Ouvrage de prise - Région d'El Kelaa (Maroc)
- Annexe n°10
- Digue de dérivation et Pont - Région d'El Kelaa (Maroc)
- Annexe n°11
- Ouvrage au débouché d'un oued dans une colature - Région d'El Kelaa (Maroc)
- Annexe n°12
- Formulaire
- I - Barrages poids
 - II - Dimensionnement d'éléments de barrage
 - III - Ouvrage de chute dans un réseau d'irrigation
 - IV - Mur de soutènement

PREMIERE PARTIE

I - PRESENTATION GENERALE

L'utilisation du gabion en Afrique est importante mais irrégulière. En effet ce matériel demande des précautions, a des limites d'emploi qui ont parfois été méconnues, ce qui a entraîné de la part de certains techniciens une "désaffection" pour ce type d'ouvrage. Cette réserve est d'autant plus compréhensible que des erreurs même minimes tant dans la conception que dans la réalisation peuvent mettre en cause la pérennité de la construction. Or il n'existait sur ce sujet qu'une documentation fragmentaire souvent difficile si ce n'est impossible à consulter rapidement pour un ingénieur travaillant en Afrique.

Pour répondre à ce besoin exprimé par plusieurs techniciens d'Afrique le Ministère de la Coopération a fait réaliser le présent volume par la Société Générale des Techniques hydro-agricoles. La minute a été revue par plusieurs ingénieurs et la Société a largement tenu compte des nombreuses observations qui lui ont été présentées. Ce travail ne peut ni ne veut prétendre cependant à la perfection, il serait extrêmement souhaitable d'envisager dans quelque temps une nouvelle édition qui tiendrait compte des observations faites par les techniciens sur ce premier document. Nous serions donc très heureux de toutes les critiques qui pourraient être adressées au Ministère sur ce problème, qu'il s'agisse notamment de tours de main qui n'auraient pas été signalés, de solutions techniques omises ou trop sommairement décrites ou encore de plans d'ouvrages ou de parties d'ouvrages qui pourraient être rajoutés. Cette présentation générale est donc aussi un appel pour que les expériences de tous les techniciens puissent être connues et se diffuser à l'occasion de la nouvelle édition.

L. BUGEAT

Ingénieur en Chef du Génie Rural

II - TECHNOLOGIE DU GABION

Définition, dimensions et formes

La définition la plus couramment admise est la suivante :

Le gabion est une cage ayant la forme d'un parallélépipède rectangle, en grillage galvanisé que l'on remplit de cailloux (fig. 1).

L'armature du gabion cage ou semelle se compose de trois parties :

- le corps du gabion, rectangle ABCD de la figure 2 et les deux extrémités ou têtes T.

Déployé et étalé sur le terrain, le gabion se présente sous l'aspect d'une grande toile métallique rectangulaire flanquée de deux autres toiles métalliques rectangulaires et de dimensions plus petites.

Le rectangle I forme le couvercle du gabion. Le rectangle III forme la base du gabion. Les deux rectangles II et IV forment les parois du gabion. Les deux têtes ou extrémités T sont fixées sur chacun des fils des lisières AD et BC en correspondance de la base du gabion (rectangle III, fig. 2/2b), une couture spéciale leur permet de tourner autour de IH et JG.

Les fils des lisières AD et BC, les 5 triangles AB, IJ, EF et DC, et les lisières qui limitent les deux têtes T sont généralement d'une épaisseur supérieure à celle du fil du grillage, et forment ainsi la charpente ou la carcasse du gabion.

Quand on parle de ce matériau, il faut préciser :

- les dimensions de la cage,
- les dimensions de la maille et spécifier, simple ou double torsion,
- le diamètre du fil.

Dimensions de la cage

Les dimensions "standard" sont :

Longueur	Largeur	Hauteur
5 mètres	1 mètre	1 mètre
4 mètres	1 mètre	1 mètre
3 mètres	1 mètre	1 mètre
2 mètres	1 mètre	1 mètre

Lorsque la hauteur de la cage est de 0,50 m, le gabion est plus exactement désigné sous le nom de "Gabion semelle". (fig. 3). Les gabions semelles peuvent avoir jusqu'à 8 mètres de longueur et couramment 2, 3, 4, 5, 6 mètres.

Dimensions des mailles et spécifications techniques

Les mailles de forme hexagonale peuvent avoir les dimensions suivantes :

- 100 mm/120 mm (la plus utilisée) fig. 4
- 80 mm/110 mm (moins utilisée)
- 45 mm/ 65 mm (n'est pratiquement plus utilisée).

Les gabions français sont toujours des gabions à mailles double torsion et dont la dimension la plus courante est 110 mm/120 mm. La double torsion est adoptée et recommandée par les constructeurs devant les inconvénients rencontrés par la maille à simple torsion.

Quels sont ces inconvénients ?

Lorsque l'on plie un fil de diamètre égal à 3 mm sur un faible rayon de courbure, on provoque une blessure du fil et on entame la couche de galvanisation. Ce point de pliage est un siège d'oxydation qui occasionne nécessairement la rupture du treillis. On palie à cet inconvénient par l'augmentation du rayon de courbure lors du pliage des fils, c'est-à-dire en opérant une double torsion.

Diamètre des fils et qualité

Le fil le plus couramment utilisé est le fil de 3 mm de diamètre ou 30/10 n°17 de la Jauge de Paris.

Autrefois on se servait du fil n°16 (27/10) dans le cas de mailles 45/65, mais actuellement il est abandonné.

La qualité des fils d'acier galvanisés à chaud fait l'objet d'une norme AFNOR A 91 - 131.

Cette norme a servi à la rédaction du cahier des charges présenté en annexe.

Toutes les spécifications concernant les dimensions des gabions, la maille double torsion et la qualité et diamètre des fils répondent aux conditions de réception les plus strictes des cahiers des charges de toutes les grandes Administrations.

Comparaison des mailles 80/110 et 100/120

Il est aisé de voir qu'à cube égal, un gabion à mailles 80/110 est plus lourd qu'un gabion à mailles 100/120.

Le premier à 22% de fil de plus que le second.

On trouve dans la documentation des gabions français, les indications suivantes :

"Le gabion 4 x 1 x 1 en mailles 100/120 est constitué par 76 fils de 3 mm, soit une section d'acier doux de 537 mm² environ, alors que le même gabion en mailles 80/110 est composé de 93 fils de 3 mm, soit une section de 657 mm² d'acier doux, soit 120 mm² de section d'acier doux en plus, ce qui représente pour ce dernier gabion une résistance à la rupture de 5 040 kilos supérieure à celui fait en mailles 100/120".

Poids des gabions

Les tableaux ci-dessous donnent le poids approximatif de différents gabions pour des fils n°17 J.P. mailles double torsion.

Poids - Gabions métalliques - mailles double torsion

Dimensions	Cube	Poids unitaire en kg	
		Maille 100/120	Maille 80/110
L l h			
2 x 1 x 0,50	1	9,8	11,9
3 x 1 x 0,50	1,50	14	17
4 x 1 x 0,50	2	18,2	22,1
5 x 1 x 0,50	2,50	22,4	27,2
6 x 1 x 0,50	3	26,6	32,3
2 x 1 x 1	2	14	17
3 x 1 x 1	3	19,6	23,8
4 x 1 x 1	4	25,2	30,6
5 x 1 x 1	5	30,8	37,4

Fils de ligature et tirants

Les fils de ligature et tirants dont le rôle sera précisé au chapitre "Mise en oeuvre", doivent être du même diamètre que les fils du treillis et avoir la même qualité.

Formes particulières de gabions

Il existe des gabions dont la forme ne répond pas exactement à la définition donnée en tête de chapitre.

Les différents croquis (fig. 5) illustrent quelques unes des formes particulières, dont on peut être amené à envisager l'emploi. Ces gabions sont faits par les constructeurs sur commande, comme les gabions à 8 mètres de longueur.

Caractéristiques du gabion

Homogénéité

Par consolidation naturelle en milieu aquatique, le gabion devient un monolithe ; avec ces dimensions, un monolithe est un défi aux courants les plus violents.

Déformabilité

Une caractéristique essentielle du gabion est sa déformabilité. Ce caractère de souplesse autorise son utilisation en terrain affouillable. Ce matériau non rigide épouse les formes du terrain naturel et le suit dans ses affaissements ou tassements provoqués par des affouillements, sans compromettre la stabilité de l'ouvrage (fig. 7 - 8).

Perméabilité

Le gabion est essentiellement perméable. Ceci n'est pas un inconvénient à condition de le savoir. Le gabion n'intervient pas comme un dispositif d'étanchéité mais de protection. Encore que son utilisation soit souhaitée comme matériau filtrant ce qui diminue les risques de renardage dans une digue, par exemple.

Simplicité des ouvrages

Les ouvrages en gabions sont toujours d'une conception simple. Les dimensions de ce matériau imposent cependant un surdimensionnement des ouvrages, et des formes géométriques simples.

Les gabions convenablement arrangés et reliés entre eux par de solides ligatures en fil de fer, permettent d'exécuter rapidement et économiquement des ouvrages de protection contre l'érosion ou d'autres ouvrages de Génie Civil.

Ces ouvrages sont essentiellement composés de deux parties (fig. 6) :

- 1°/ le massif de fondation
- 2°/ le corps de l'ouvrage

1°/ Le massif de fondation assure la protection de l'ouvrage contre les affouillements (fig. 8). Il est généralement constitué par des gabions de faible épaisseur (0,50 m - gabions semelles). Il est très débordant par rapport au corps de l'ouvrage. Cette partie débordante peut être estimée égale au double de la profondeur des affouillements possibles mesurée à partir du niveau du terrain sur lequel s'appuie le massif de fondation.

2°/ Le corps de l'ouvrage est formé par des gabions de dimensions différentes disposés en une ou plusieurs rangées selon la hauteur de l'ouvrage et l'effort auquel il doit résister (fig. 6).

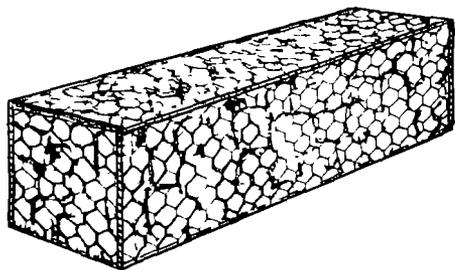


Fig 1 - Gabion métallique rempli de cailloux

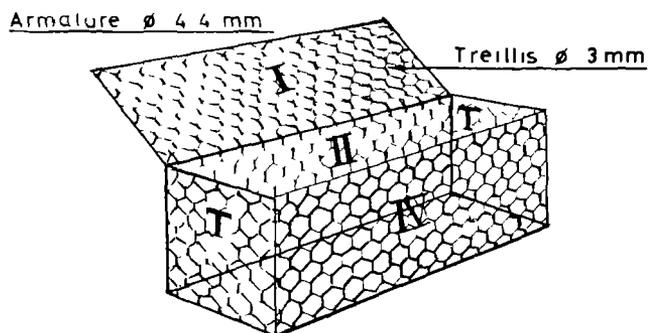


Fig.2 bis - Le gabion monté se présente sous la forme d'une boîte avec couvercle.

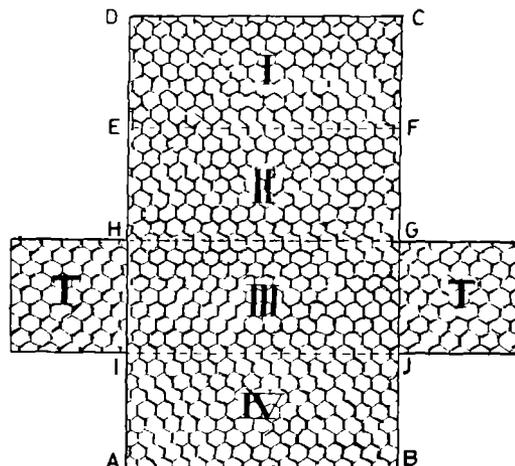
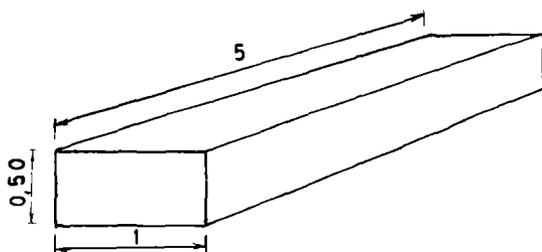


Fig 2 - Gabion métallique déplié

- Gabion semelle -



- Gabion cage -

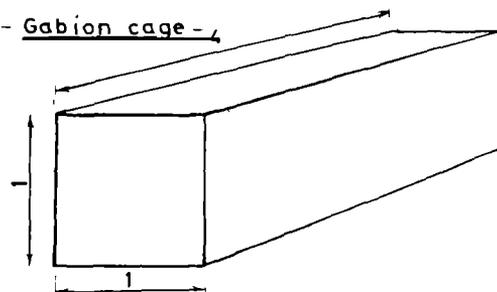


Fig 3 - La hauteur du gabion fixe la terminologie suivante

Hauteur 1 mètre = Gabion cage

Hauteur 0.50 m = Gabion semelle

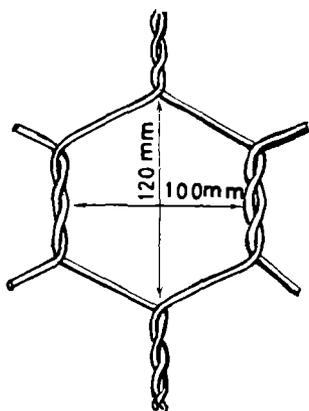


Fig 4 - La maille la plus couramment adoptée est la 100 / 120 double torsion.

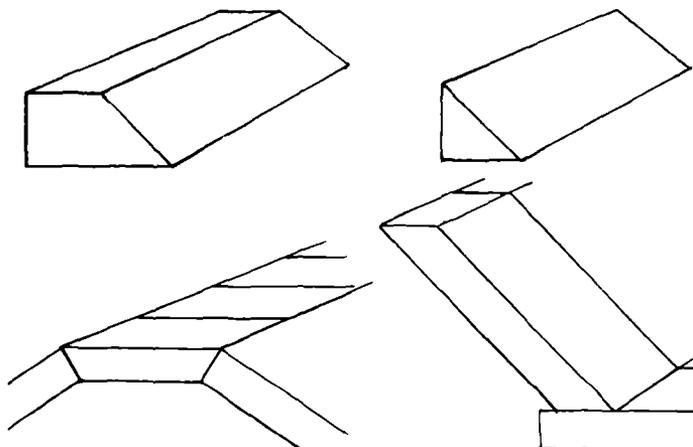


Fig 5 - Le gabion peut prendre différentes formes auquel cas il faut spécifier les nouvelles dimensions au constructeur.

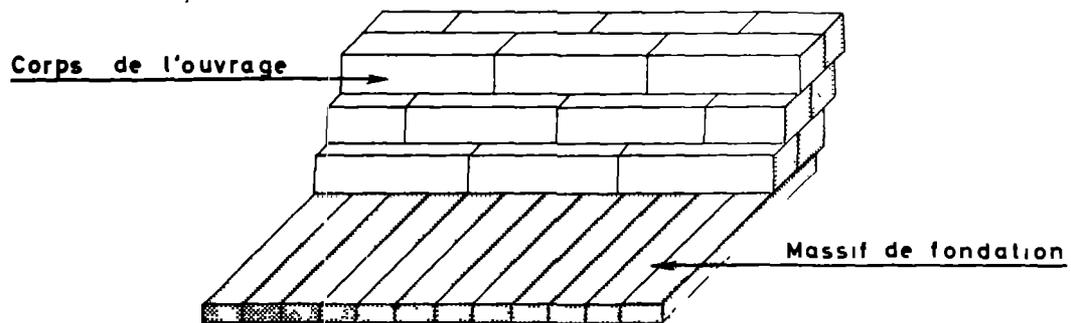


Fig.6 - Un ouvrage exclusivement construit en gabions comprend généralement :

- Le massif de fondation
- Le corps de l'ouvrage

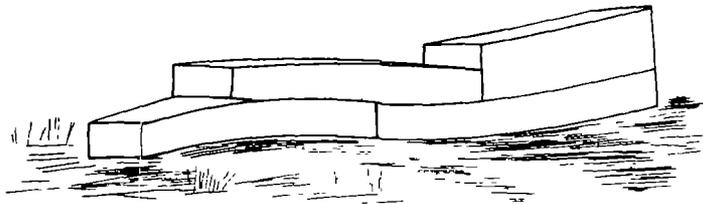


Fig.7 - Par sa déformabilité le gabion épouse le terrain naturel.

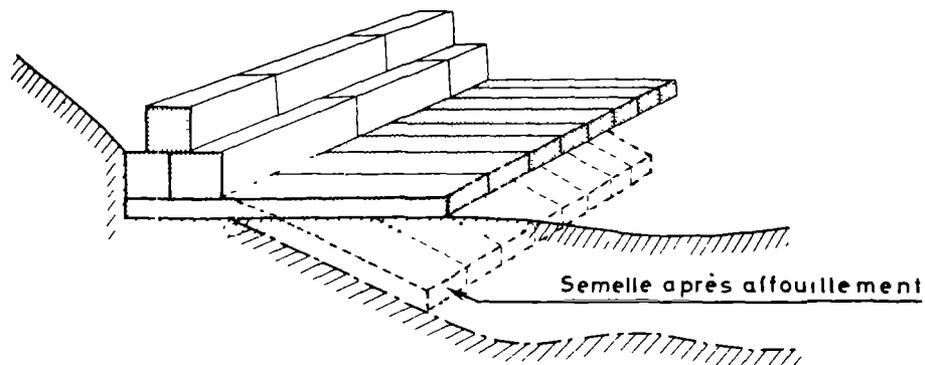


Fig 8 - La semelle débordante d'un ouvrage en gabions doit avoir une longueur égale au double de la hauteur des affouillements prévisibles.

Pérennité des ouvrages

Elle est surtout fonction de la qualité des treillis et du soin apporté à la mise en place des enrochements dans les gabions.

Enduits

Si la pérennité des ouvrages en gabions est surtout fonction de la qualité des treillis, celle-ci peut être renforcée par l'utilisation d'enduits dont le but essentiel est de protéger le revêtement galvanisé contre l'action des eaux érosives particulièrement chargées.

Une vieille pratique de protection consiste à opérer de la façon suivante :

- Avant la fermeture du gabion rempli de pierres, on dispose sur les enrochements des madriers, ceux-ci sont retenus par les tirants verticaux. Une fois le couvercle du gabion refermé, on dispose en regard des madriers situés sous le grillage d'autres madriers que l'on cloue aux premiers.

Cette pratique ne peut guère être utilisée en Afrique où la prolifération de termites, proscrit l'utilisation du bois dans les ouvrages de Génie Civil. On a donc recours à des procédés simples qui consistent à étaler sur les faces exposées des gabions des enduits sur une épaisseur variant de 3 à 5 cm suivant leur qualité. Cette pratique est vivement à conseiller sur toutes les surfaces soumises à une usure importante.

Ces enduits sont des bétons de ciment maigres ou gras, des mortiers de ciment ou de chaux, des bétons bitumineux ou autres matériaux enrobés.

Dosage des enduits

1) - Bétons de ciment

	Graviers (litres)	Sable (litres)	Ciment (kg)	Volume obtenu (en m3)
Béton maigre ou pauvre (très peu au contact de l'eau)	1 000	375	150	1
	1 000	400	125	1
Béton gras (très au contact de l'eau)	850	425	350	1

2) - Béton et mortiers de chaux hydraulique (1 volume de chaux vive donne 1,5 volume de chaux éteinte)

	Chaux hydraulique (kg)	Sable (litres)	Eau (litres)
Bétons immergés	370	925	310
Enduits extérieurs	265	1 000	300
	211	1 050	295

Sur les gabions semelles il est conseillé de préparer des lignes de rupture longitudinales en diminuant l'épaisseur de l'enduit à la jonction entre deux semelles.

Filtres

Lorsque les gabions font partie d'un ouvrage soumis à une charge hydraulique telle que les lignes de fuite sous cet ouvrage peuvent entraîner les matériaux sous-jacents, il est nécessaire de se prémunir contre les risques de renardage.

A cet effet, il est recommandé de poser les gabions sur des matériaux formant filtre afin d'éviter les entrainements au travers du corps du gabion.

Ce filtre peut être réalisé

- soit suivant la technique propre à cette réalisation grâce à des couches de matériaux choisis,
- soit par une certaine épaisseur d'un matériau (cailloux, gravillons, sable) présentant une granulométrie continue,
- soit à l'aide de galettes de béton qui, une fois fissurées, permettront d'éviter les sous-pressions tout en interdisant l'entraînement des matériaux sous-jacents aux gabions.

Cette disposition est illustrée dans la planche concernant le barrage de SANGARAFI où l'on fait, en plus, état d'une galette en béton poreux et fissurable située entre la couche filtrante et les gabions.

III - MATÉRIAUX

Le présent chapitre comporte une série de tableaux. Le but recherché est de fixer une terminologie souvent normalisée (AFNOR) afin de ne pas confondre ou de compliquer inutilement un langage qui doit être respecté.

Nomenclature des pierres (extrait de la norme AFNOR NFP 18 304)

Pierres cassées (broyage) ou cailloux (roulés)	(petits 25 à 40 mm (moyens 40 à 63 mm (gros 63 à 100 mm
Moellons (broyage) Galets (roulés)	(100 minimum

Nature géologique des pierres

1° - Roches éruptives

a/ granites et granitoides

(quartz
(feldspath
(mica

b/ diabase - diorite - syenite

c/ porphyre

d/ pierres volcaniques

(trachyte
(basalte
(lave
(trasse-pouzzolane

2° - Roches métamorphiques

a/ phyllades . ardoises

b/ schistes

c/ gneiss - granulite

d/ serpentine

3° - Roches sédimentaires

a/ calcaires et dolomites

b/ siliceuses

(silex
(grès
(quartzites
(gaize

c/ sulfatées

(gypse

d/ argiles

On retiendra également certains matériaux artificiels tels que briques demi-dures ou ordinaires en terre cuite et les bétons susceptibles de fournir un matériau de remplissage des gabions.

Choix des matériaux

On aura recours, pour le remplissage des gabions, à des matériaux durs, non poreux, ni friables.

Dans l'ordre, on donnera la préférence aux roches suivantes :

- 1°/ - Roches éruptives . granites et granitoïdes
- 2°/ - Roches sédimentaires : quartzites, grès, latérite, calcaires
- 3°/ - Pierres artificielles : briques cuites, blocs de béton.

Les pierres artificielles ne sont pas intéressantes, sauf en cas d'emploi de produits de démolition.

Les roches métamorphiques litées, schistes, gneiss, serpentine, sont à proscrire.

Dimensions des matériaux

Les pierres au contact des mailles devront avoir une grandeur dans tous les sens au moins égale à 1,5 fois la grosseur des mailles.

Pour assurer la finition du remplissage, il faut éviter de terminer par des petites pierres ou des pierres plates, celles-ci doivent être mises au-dessous de la dernière couche de pierres.

Le matériau de remplissage ne doit pas passer au travers de l'anneau \varnothing 8 cm.

Densité apparente et résistance à la compression des pierres (JACOBSON)

	Densité apparente, (1)	Rupture à la compression kg/cm ²
Granite	2 400 - 3 000	450 - 2 000
Diabase - Diorite - Syenite	2 600 - 3 000	800 - 2 000
Porphyre	2 600 - 2 900	500 - 2 000
Trachyte	2 600 - 2 800	400 - 1 500
Basalte	2 800 - 3 000	1 000 - 2 000
Calcaire	tendre	1 500 - 1 800
	mi-dur	1 900 - 2 300
	dur	2 400 - 2 500
	très dur	2 600 - 2 700
Marbre et dolomite	2 500 - 2 900	600 - 1 800
grès (durs, 1/2 durs, tendres)	1 900 - 2 600	200 - 2 000
Quartzites	2 200 - 2 800	2 300 - 3 000
Briques dures	1 750 -	200 - 300
Briques ordinaires	1 400 - 1 500	40 - 80
Béton	950 - 1 300	2 700 - 3 100

(1) - La densité apparente est le poids de 1 m³ de la matière, vides compris. Par mesure de sécurité, on prendra le chiffre le plus faible

IV - MONTAGE ET POSE DES GABIONS

Bibliographie : Gabions : PALVIS - FORTEX - TITAN - HERCULE

- 1° - Déplier le gabion et l'étendre à plat sur le sol. Il se présente suivant la figure 9 où
 - le rectangle I formera le couvercle du gabion,
 - le rectangle III formera la base du gabion,
 - les carrés ou les rectangles T les flancs latéraux du gabion.
- 2° - Redresser les deux parois II et IV et les deux flancs T de façon à former une boîte dont le couvercle sera ouvert (fig. 10). Ligaturer ensemble les 4 arêtes verticales avec un fil de même qualité et même diamètre que celui des gabions (fig. 11). Le poids des fils de ligature nécessaire est par gabion égal à : 8 à 10% des poids de celui-ci.
- 3° - Mettre le gabion à l'emplacement qu'il doit occuper définitivement dans l'ouvrage en construction. A l'aide d'une masse en bois, dresser les parois du gabion en appliquant contre les parois du gabion voisin.
- 4° - Ligaturer très solidement entre elles les arêtes verticales ou horizontales qui sont en contact immédiat avec les arêtes des gabions voisins de façon à rendre tous les gabions solidaires les uns des autres (fig. 13).
- 5° - Prendre un piquet en fût de 1,50 m environ de longueur. Passer la pointe de ce piquet dans la maille de la base du gabion la plus proche du sommet I (fig. 12) ; se servir du piquet comme d'un levier et tendre le mieux possible la face AIEH dans le plan de l'alignement qui est fixé, finalement, le piquet étant dressé verticalement, l'enfoncer dans le sol à l'aide d'une masse en fer.
Renouveler l'opération pour la face opposée AIEH.
- 6° - Mettre en place les tirants. Ces tirants dont le but est de contreventer les faces opposées du gabion (fig. 14).

Disposition pratique des tirants (fig. 15-16) :

- pour des gabions de 1 mètre de haut, disposer deux rangées de tirants.
- pour des gabions de 0,50 m de haut, disposer une seule rangée.
- les tirants dans le même plan horizontal étant espacés d'environ 0,75.

La pose des tirants ne doit pas gêner le remplissage du gabion. Donc les tirants seront placés :

- avant le remplissage, pour les tirants verticaux (qui resteront "en attente" au cours du remplissage).
- pendant le remplissage pour les tirants horizontaux.

Les tirants seront du même fil que les fils de ligature.

7° - Remplissage

Il faut distinguer le remplissage des gabions semelles (partie souple) et celui des gabions constituant le corps de l'ouvrage.

- 1 - Remplissage des gabions qui constituent la semelle de fondation, utiliser des cailloux roulés de préférence. Ils ne doivent passer en aucun sens à travers les mailles du treillis. Les disposer de façon à laisser entre eux le moindre vide possible. Eviter l'emploi de trop gros matériaux pour conserver à la semelle sa souplesse.
- 2 - Remplissage des gabions qui constituent le corps de l'ouvrage :
 - a) contre les faces intérieures de la cage, disposer un parement de gros cailloux, ne pouvant passer en aucun sens à travers les mailles,
 - b) dans la partie centrale, remplir aussi avec de gros cailloux, mais si l'on ne possède pas suffisamment de gros cailloux on peut utiliser des pierres de taille plus petite. En aucune façon, ces pierres ne devront passer dans l'anneau de 8 cm.

A la finition du remplissage, éviter de terminer par des pierres petites ou plates. Celles-ci doivent être mises au-dessous de cailloux identiques à ceux utilisés dans les parements. On s'arrangera pour que la dernière rangée de cailloux soit au niveau de l'arête supérieure horizontale du gabion. La tolérance admise varie de 2 à 3%. On peut damer les pierres mais il ne faut pas déformer le gabion.

8° - Le remplissage du gabion étant terminé, retirer les piquets d'angle, rabattre le couvercle et rapprocher son fil de bordure du fil de bordure supérieur des parois verticales (fig. 18).

Avec un petit levier en fer, prendre et tordre ensemble ces deux fils de bordure pour fermer le gabion.

Il suffira de faire chaque fois trois ou quatre torsions, en espaçant ces torsions de 20 en 20 centimètres environ. On complètera le bouclage par quelques ligatures au fil de fer galvanisé entre chacune de ces torsions, et en prenant autant que possible, dans ces ligatures, les fils de bordure des gabions voisins (fig. 19).

Attacher les tirants verticaux.

V - AUTRES TYPES DE GABIONS

Les différents gabions présentés ici sont donnés à titre de documentation.

Gabion "à flange" ou gabion à base débordante

Le principe de ce matériau est dans l'économie de une ou plusieurs faces grillagées. C'est ainsi que lorsque deux gabions sont posés l'un sur l'autre, la base du gabion supérieur repose sur le couvercle du gabion inférieur. Le gabion "à flange" serait le gabion inférieur sans couvercle. Ce même gabion posé en retrait sur un autre gabion peut avoir une base débordante qui servirait de couvercle au gabion sous-jacent (fig. 20).

Ce type de gabion peut être utilisé quand on ne demande pas à l'ouvrage une robustesse exceptionnelle.

La définition d'un tel gabion n'est pas limitative puisque sous ce même nom sont groupés des prismes à sections rectangulaires grillagés, à qui il manque une ou plusieurs faces.

D'une façon générale, on définit ce gabion par les éléments suivants (fig. 21-22-23).

- 1° - Longueur en mètres de trois arêtes partant d'un même sommet en citant d'abord les deux dimensions de la base et du couvercle,
- 2° - L'étage où le gabion se situe dans l'ouvrage,
- 3° - La dimension de la base débordante (lorsqu'elle existe),
- 4° - Les dimensions de la maille du grillage,
- 5° - Le diamètre du fil ou numéro de la Jauge de Paris.

Gabions "communs" (1) horizontaux ou verticaux (fig. 25-26)

Sans forme définie, ces gabions en grillage métallique galvanisé, ressemblent à des sacs allongés qui sont remplis de cailloux, sans aucun soin particulier. Le grosseur des enrochements est toutefois supérieure à la grandeur des mailles. A cet effet, des mailles de toutes sortes sont utilisées :

4 x 6 cm - 5 x 7 cm - 6 x 8 cm - 8 x 10 cm - 10 x 12 cm, etc.....

La longueur des gabions communs ou gabions "sacs" varie de 2 à 4 mètres. Le diamètre moyen est de 0,50, 0,75 ou 1 mètre.

L'avantage de ce matériau est de composer, à partir de matériaux de faibles dimensions, des massifs à grand volume sans technique particulière de remplissage.

Des appareils de levage sont nécessaires pour leur mise en place.

(1) - De l'italien "gabbioni comuni". - Ce type de revêtement a été utilisé sur les berges du Guadalquivir en Espagne

Gabions à "poches"

Ce titre ne correspond pas à la définition habituelle du gabion métallique.

Il s'agit, en réalité, d'un matériau de revêtement constitué d'une toile grillagée et galvanisée, à mailles double torsion à laquelle se trouvent accrochées des bandes de grillage permettant de constituer des poches prismatiques (fig. 27-28).

Les poches ainsi constituées sont remplies de pierres et l'ensemble forme un revêtement très souple de talus, d'une épaisseur variant entre 10 et 15 cm.

Le grillage galvanisé est retenu en tête de talus par des piquets verticaux. Par ailleurs, d'autres piquets fixent le revêtement au talus lui-même.

Une variante de ce revêtement est la double toile métallique. L'espace laissé entre les deux faces est rempli de pierres. On pose la toile inférieure, la deuxième étant maintenue roulée à la base du talus. On déroule progressivement le rouleau tout en plaçant des pierres et en passant des coutures entre les deux toiles, qui jouent le rôle de tirants.

Cages métalliques

Utilisation SOGETRAM pour travaux en rivières.

Il s'agit d'un véritable gabion mais d'une longueur qui peut dépasser la longueur maximum standard.

Ce gabion est déplié et monté autour d'une armature rigide en fers à béton et il est immergé à vide. Ce gabion est guidé par des plongeurs et est disposé à l'endroit prévu. On procède alors au remplissage sous l'eau et à la fermeture.

"Fixés sur le fond et solidement reliés les uns aux autres, les gabions constituent une "excellente défense de berges dont l'efficacité a été particulièrement prouvée en maints endroits "lors des plus fortes crues" SOGETRAM.

Pour mémoire : Gabion "palplanche"

On trouve dans la littérature technique maritime le terme "Gabion palplanche" (exemple : Revue Construction - Fév. 1961 - le môle n°3 du port pétrolier de LAVERA).

Il s'agit, en fait, de caissons en palplanches pouvant constituer des musoirs (cellule circulaire unique) ou des piles-bollards (double cellule) dont les dimensions peuvent atteindre 20 mètres en hauteur, 30 mètres en largeur.

Le matériau de remplissage est du sable tout-venant.

MONTAGE ET POSE DES GABIONS

La longueur des tirants doit être de 3 à 4 %, inférieure à la distance entre les faces qu'ils doivent relier.

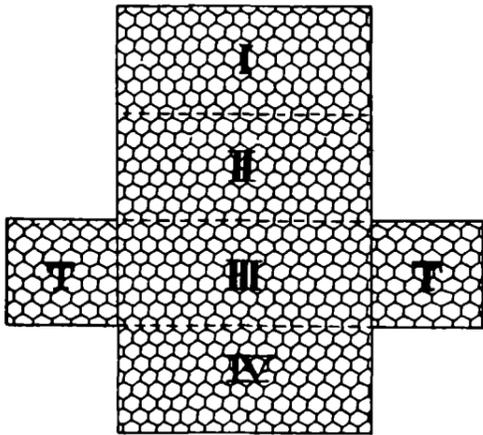


Fig. 9 - Déplier et poser à plat.

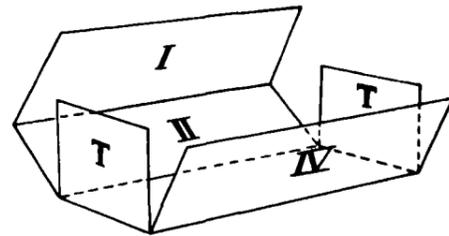


Fig. 10 - Redresser les parois.

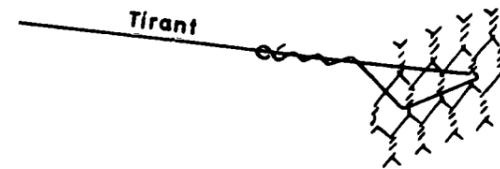


Fig. 14 - Il faut attacher les tirants en prenant plusieurs mailles pour éviter la rupture des fils du gabion.

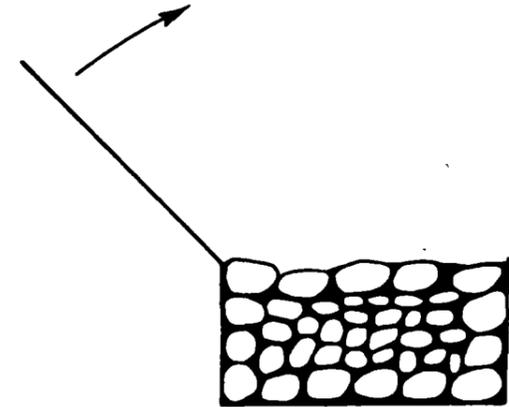


Fig. 17 - Remplissage. Les cailloux disposés au centre ne doivent pas passer à l'anneau de 8cm.

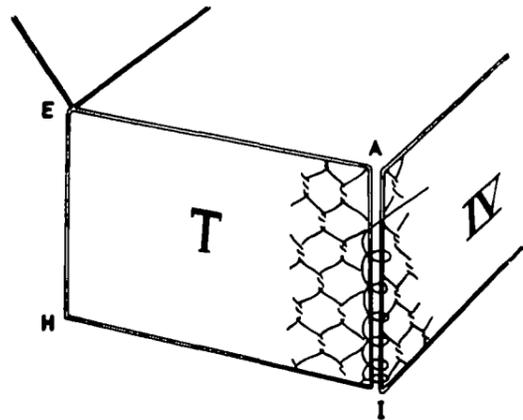


Fig. 11 - Ligaturer. L'utilisation de la pince est à proscrire.

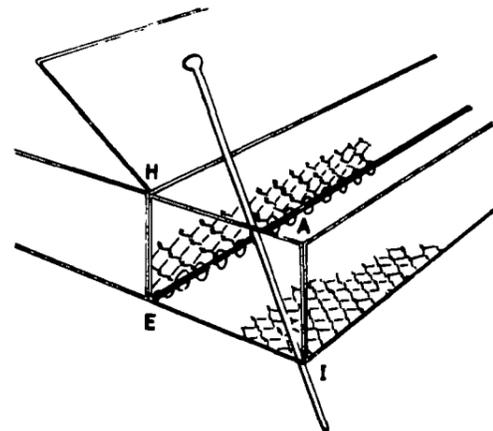


Fig. 12 - Le piquet sert de levier pour tendre les faces des gabions vides.

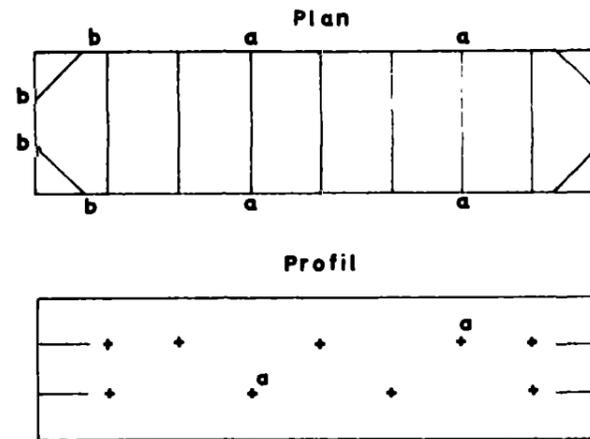


Fig. 15 - Disposition des tirants horizontaux et des tirants d'angle.

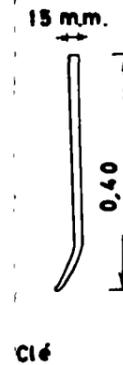


Fig. 18 - Espacer les torsions tous les 20cm et compléter la fermeture par du fil de ligature.

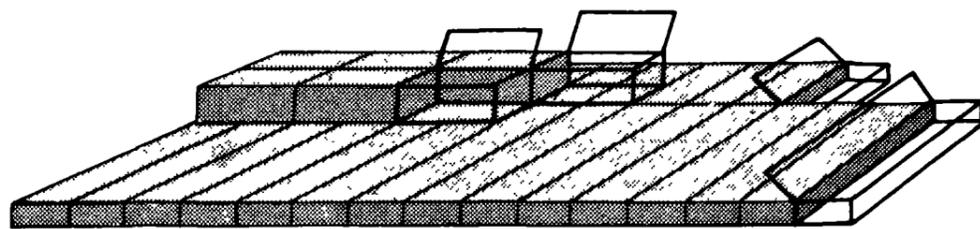


Fig. 13 - La mise en place définitive des gabions doit permettre la fermeture de ceux-ci sans inconvénients. La ligature des arêtes verticales qui sont au contact immédiat avec les arêtes des gabions voisins rendent les gabions solidaires les uns des autres.

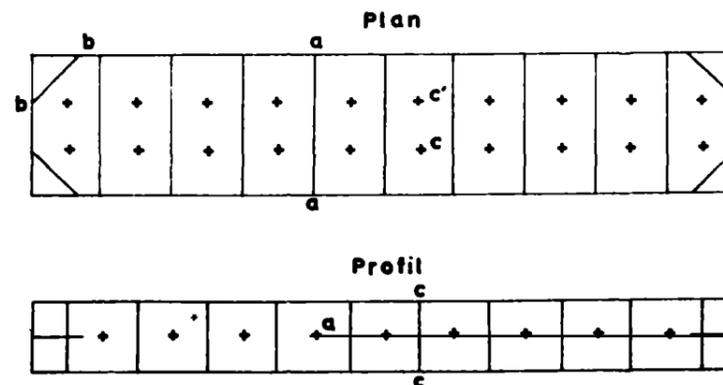


Fig. 16 - Disposition des tirants dans un gabion semelle.

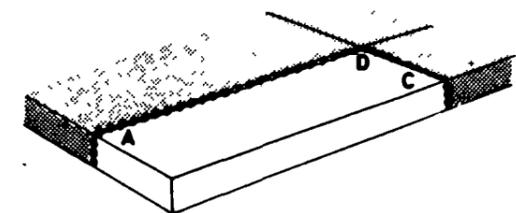


Fig. 19 - En fin d'opération le gabion mis en place doit présenter des ligatures sur toutes les arêtes au contact avec les gabions voisins.

RECONSTITUTION DES RIVES
Ouvrages longitudinaux

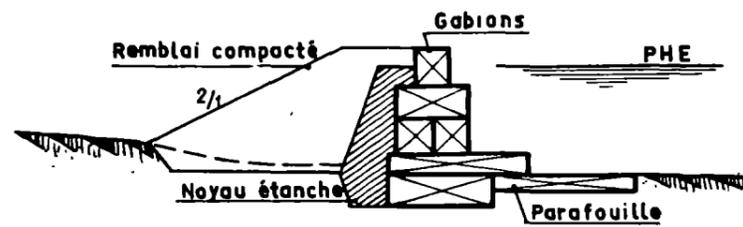


fig-47 Digue à muraille adossée à un remblai compacté.

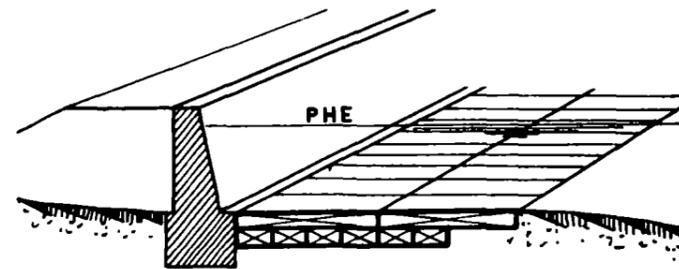


fig-50 Digue en béton ordinaire et dispositif parafouille continu en gabion semelle

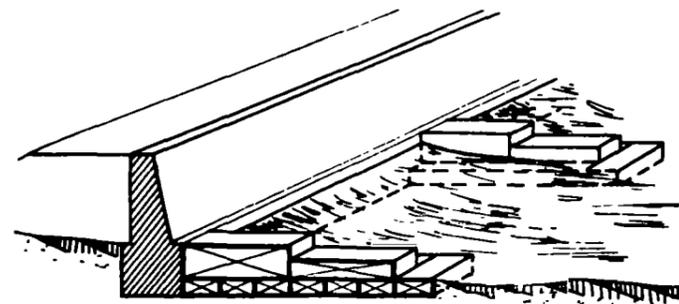


fig-51 Digue en béton ordinaire et dispositif parafouille composé d'épis courts en gabions.

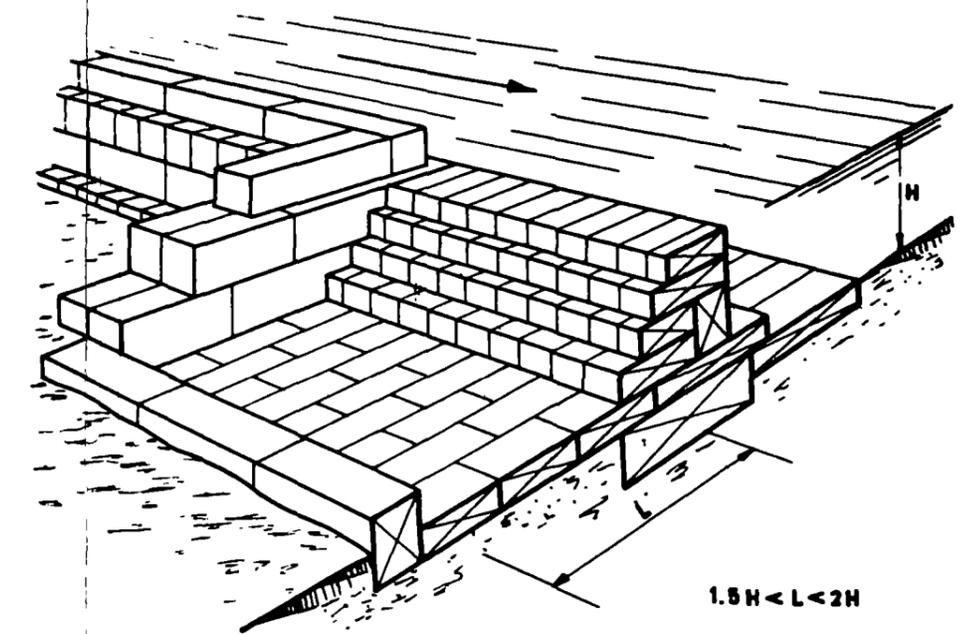


fig-53 Déversoir latéral de rive en gabions (cas d'une digue à muraille submersible)

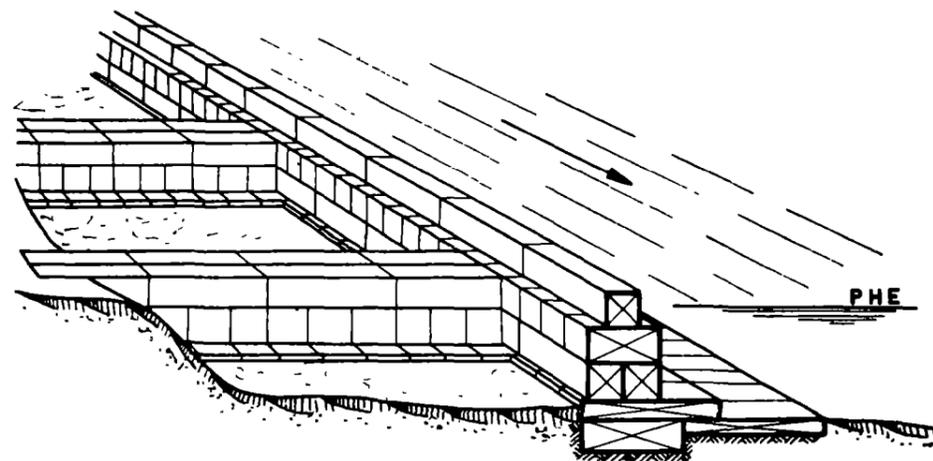


fig-48 Digue à muraille nervurée du côté contigu à la rive.

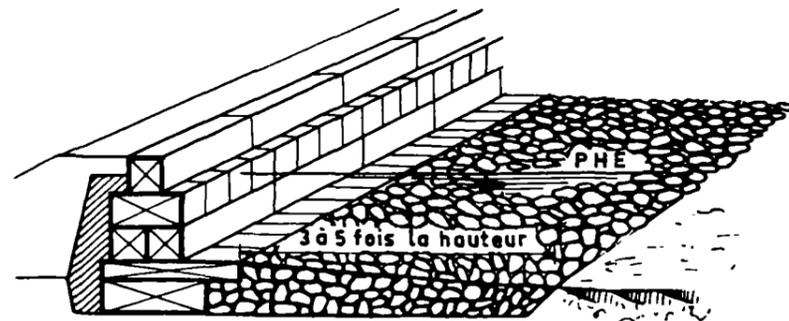


fig-49 Digue à muraille comprenant un dispositif parafouille mixte.

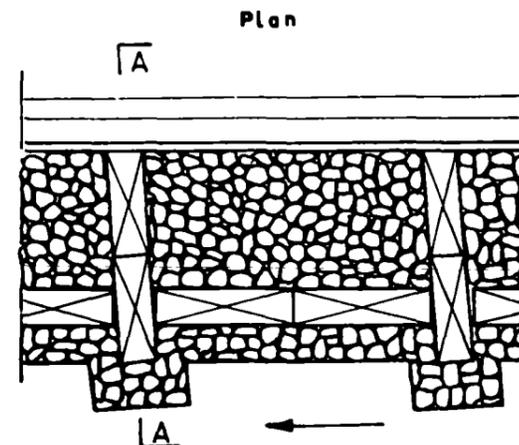


fig-52 Digue en béton ordinaire et dispositif parafouille en gabions comprenant des alvéoles remplies d'enrochements.

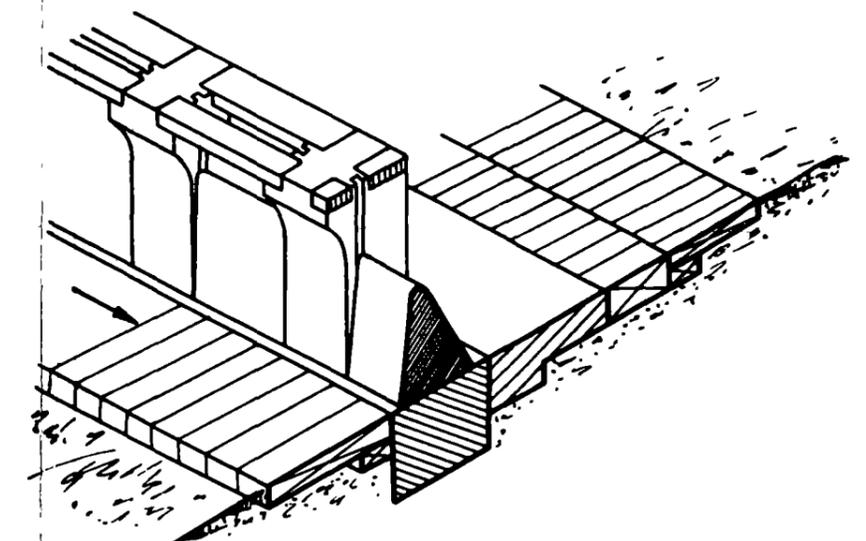
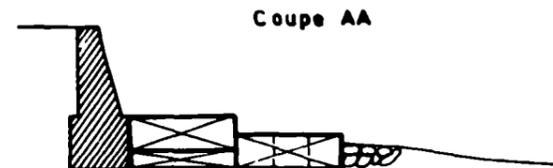


fig-54 Déversoir latéral de rive en béton ordinaire avec tapis parafouille en gabions à l'amont et à l'aval

Ouvrages transversaux – Les Epis

Epi en gabions cage sur massif de fondation en gabions semelle

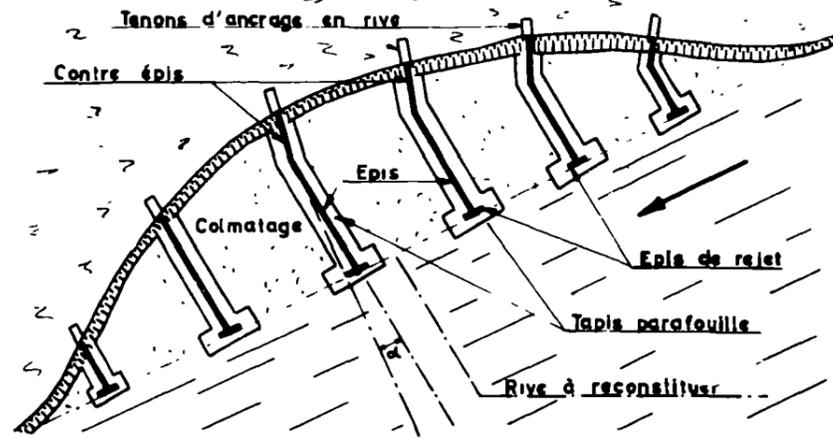


fig-55 Plan schématique représentant une série d'épis

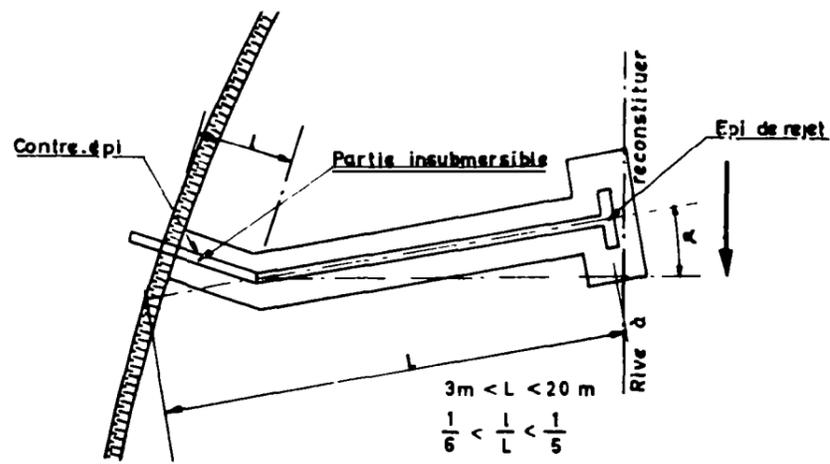


fig-56 Vue d'ensemble contre-épi et épi de rejet

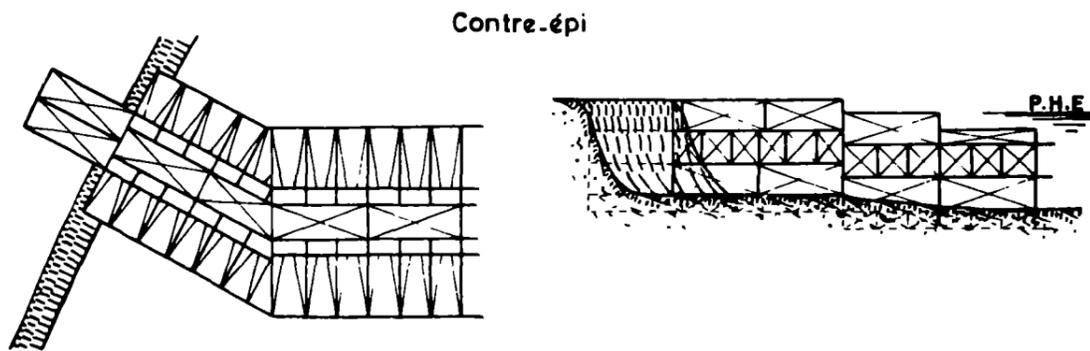


fig-57 Plan

fig-58 Elévation

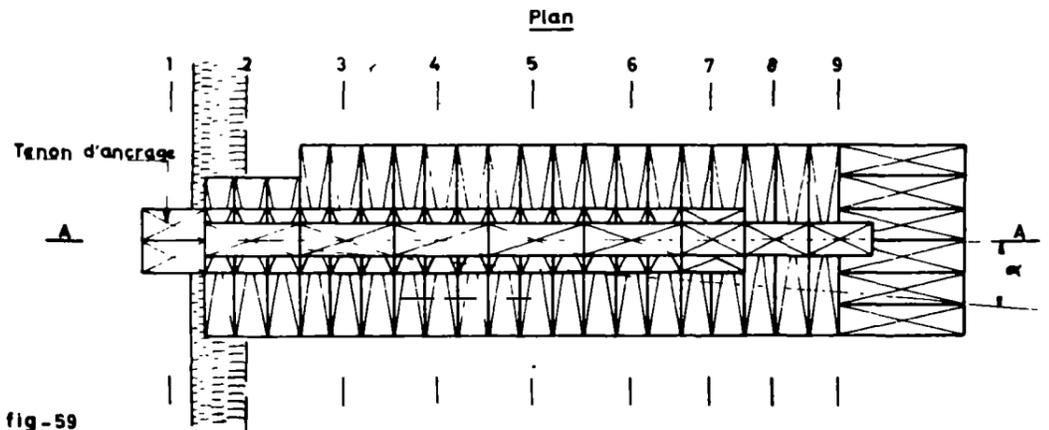


fig-59

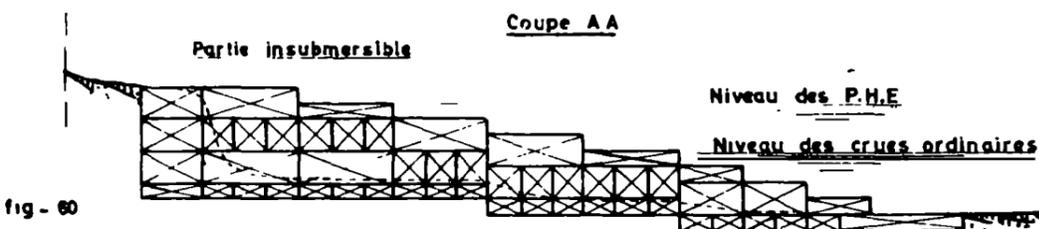


fig-60

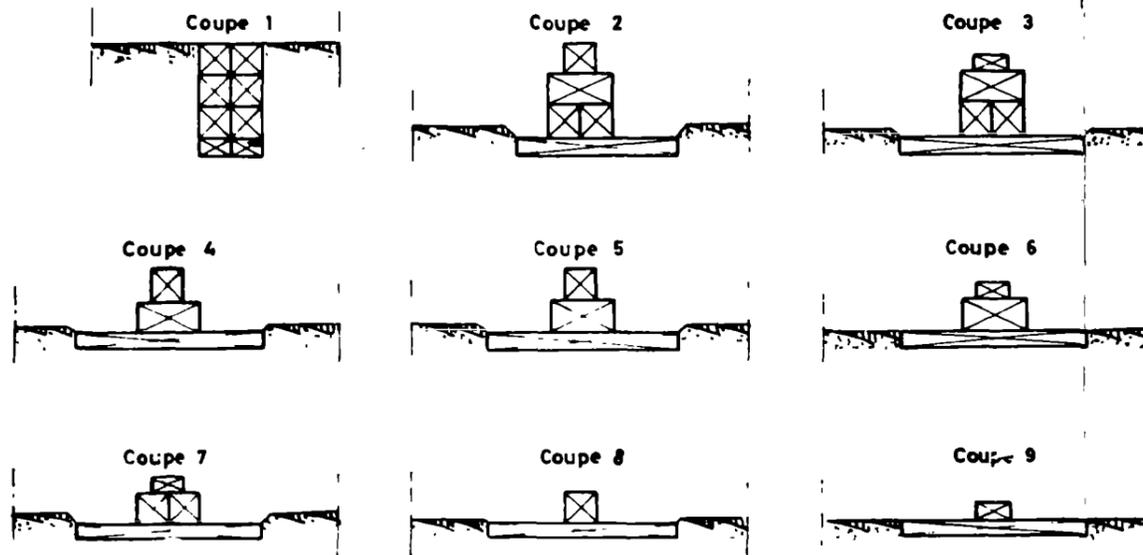


fig-61

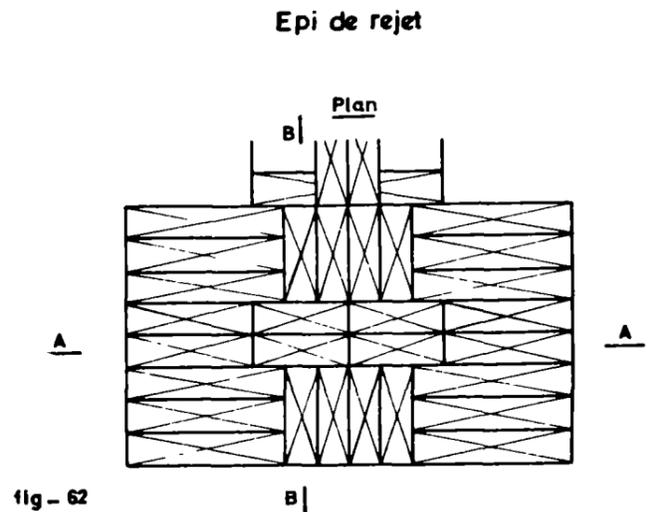


fig-62

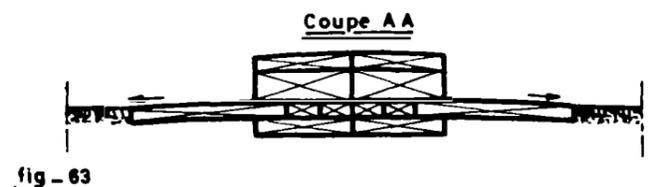


fig-63

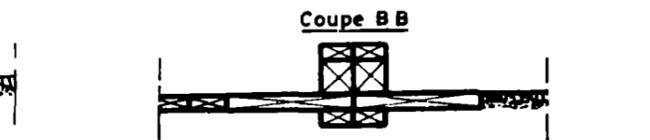


fig-64

3° - Epi à proprement parler. (figures 59 à 61)

Lorsque l'on procède par redans et paliers, on donne aux redans des hauteurs de 0,50 m : la longueur des paliers est fonction de la pente longitudinale .

- 2 m à 2,50 m pour les pentes de 0,25 mm à 0,20 mm
- 3 m à 3,50 m pour les pentes de 0,15 mm

Entre les niveaux d'étiage et de crue ordinaire, on profile la crête à une pente de l'ordre de 0,20 à 0,25 mm.

On prévoit un palier assez développé au niveau des crues ordinaires pour profiler la crête à une pente de l'ordre de 0,15 mm au-dessus de ce niveau.

4° - L'épi de rejet est orienté vers l'aval et est perpendiculaire à l'épi proprement dit. Il est, de ce fait, parallèle à la direction des écoulements. Il peut être facultatif (figure 62) mais son rôle est d'amorcer le tracé de rive qu'on reconstitue.

Vus en élévation, les gabions disposés normalement au corps de l'épi, présentent une légère inclinaison de part et d'autre de l'axe longitudinal (coupe AA figure 63).

5° - Tapis parafouille. On s'attache à prévenir les écoulements périphériques par un dispositif parafouille largement débordant pour toute la partie submersible de l'épi .

- 3 m à 5 m en tête d'épi
- 2 m à 3 m sur la face aval
- 2 m à 3 m sur la face amont au voisinage de la tête d'épi en rivière
- 2 m à 1 m sur la face amont de la partie insubmersible de l'épi (figure 59).

Infrastructure des épis

On appelle infrastructure d'un épi la partie de l'ouvrage se trouvant au niveau du terrain naturel, c'est-à-dire semelle, sous-semelle ou autre dispositif servant d'assise au corps de l'ouvrage qui lui, porte le nom de superstructure.

On peut distinguer trois types d'infrastructure .

a/ - Massif de fondation en gabion semelle

On prévoit en général un tapis de gabions semelles avec large débordement périphérique constituant dispositif parafouille (figure 65).

On peut rechercher une plus grande stabilité de profil de l'épi mais au prix d'une dépense de construction sensiblement plus forte. On a recours à un massif de fondation en béton coulé en enceinte étanche , mais comme on ne peut ordinairement pas l'encastrier assez profondément dans le lit pour le soustraire aux risques d'affouillement, un dispositif parafouille périphérique est alors généralement indispensable ce tapis de gabions semelles accroché à sa lèvre externe constituera un dispositif adéquat.

b/ - Massif de fondation en gabion semelle sur sous-semelle

Sur la section contigüe à la tête en rivière, on peut prévoir un tapis inférieur ou sous-semelle constituant sous la semelle un couvre-joint de l'axe longitudinal sur une largeur égale à celle de l'étage inférieur de l'épi (figure 66).

Cette sous-semelle, qui forme une clé d'ancrage, aura une profondeur de 0,50 m ou de 1 m. On conçoit aisément que serré et immobilisé entre la sous-semelle et le premier niveau de gabions du corps de l'épi, le tapis parafouille périphérique acquiert une grande stabilité.

c/ - Pas de massif de fondation
mais protection périphérique en enrochement

Si avec le matériau de remplissage adéquat on trouve sur place des blocs de taille trop grande, on peut se dispenser d'une semelle de fondation, à condition de bien protéger l'épi sur toute sa périphérie avec ces blocs (figure 67).

On dégage sur le terrain une certaine quantité de déblais sur une largeur de 6 à 8 m de façon à poser les premiers gabions cages 50 cm au-dessous du terrain naturel, on charge ensuite de part et d'autre de la première rangée avec des enrochements de façon à rejoindre le terrain naturel.

Le tapis parafouille en gabion semelle peut être renforcé par des gabions "communs".

Superstructure des épis

Deux types sont à considérer

- 1° - L'épi à superstructure de type monolithe (figure 71) en béton ou maçonnerie,
- 2° - L'épi à superstructure déformable, en gabion (déjà décrit).

Les modalités suivant lesquelles ces deux types de superstructures réagissent au choc des eaux, déterminent le profil en travers.

Dans le premier type, l'effort de pression ou de percussion se transforme dans la masse, comme dans un corps solide, sans déformation interne appréciable. Le souci de donner à l'épi une stabilité transversale, maximum d'assise et d'étaler largement l'effort reçu sur une embase d'appui, doit faire préférer le profil en trapèze isocèle sur rectangle de base de très faible hauteur.

On peut arrêter les caractéristiques de la section comme suit . (figure 72)

- largeur en crête : 0,25 m à 1 mètre
- fruit transversal des parois 2/3 à 1/2

Pour donner à l'épi des possibilités de déformation longitudinale lui permettant de s'adapter sans rupture de continuité à des affaissements locaux, on en sectionne la masse tous les 3 à 5 mètres par des joints transversaux de 0,03 m à 0,05 m ouverts au 1/40 environ vers le haut (figure 73).

Ces joints s'arrêtent au niveau des semelles si celles-ci sont en gabion déformable.

Dans le deuxième type, l'effort de pression ou de percussion se dissipe dans les déformations propres aux gabions qui se caractérisent par leur souplesse.

Dans ce deuxième cas .

- 1° - Il y a intérêt à choisir et à appareiller les matériaux de remplissage, de façon à obtenir la stabilité et la compacité maximum ainsi qu'à accroître au maximum leur surface de contact.
- 2° - Le calibre moyen des enrochements sera limité à 0,12 m - 0,15 m afin d'éviter une tendance excessive aux déformations, et assurer une bonne stabilité transversale du profil.
- 3° - On visera à étoffer les parties hautes qui sont les plus directement sujettes aux percussions dues aux chocs de corps flottants.

On s'orientera vers le profil triangulaire articulé en fonction de la hauteur, comme suit :

- 1/ - sections contigues à la tête en rivière, ou particulièrement exposées aux chocs des corps flottants

<u>Hauteur du profil</u>	<u>Largeur</u>
0,50 m	1 m
1,00 m	1 m
1,50 m	2 m
2,00 m	2 m
2,50 m	2 m
3,00 m	3 m
3,50 m	3 m
4,00 m	3 m

GABIONS À FLANGE

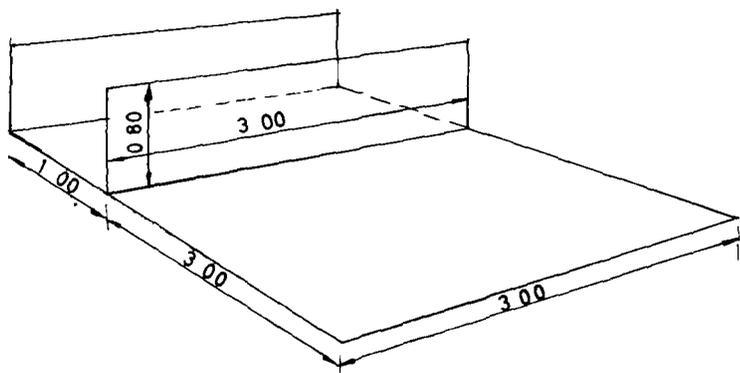


fig 20 - la base débordante peut couvrir deux gabions inférieurs

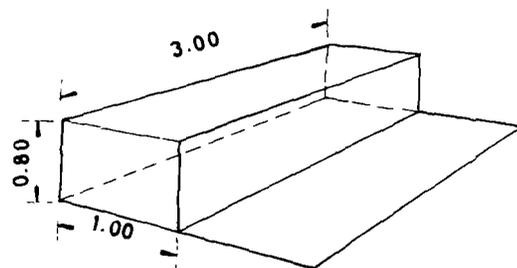


fig 21 - gabion à flange à deux têtes

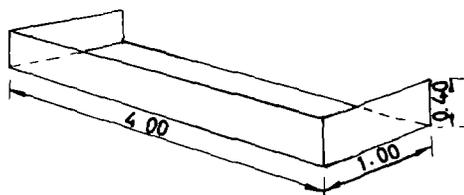


fig 22 - gabion à quatre faces

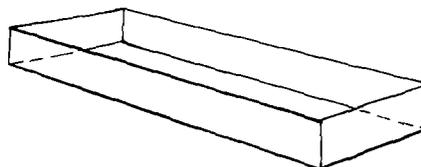


fig 23 - gabion à cinq faces

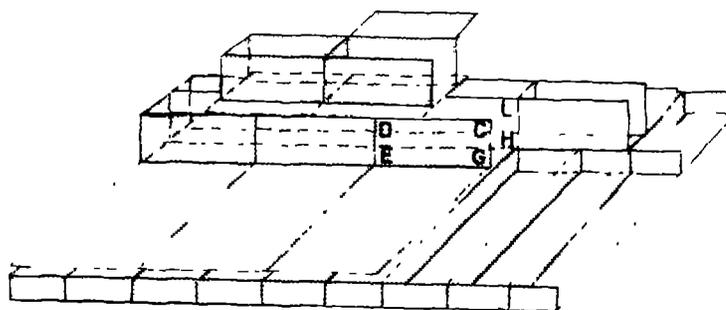


fig 24 - mise en place définitive des gabions à flange

GABIONS " COMMUNS "

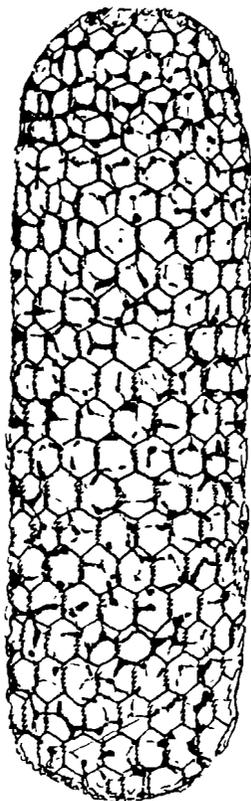


Fig-25

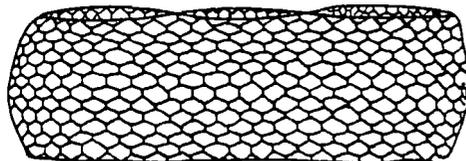
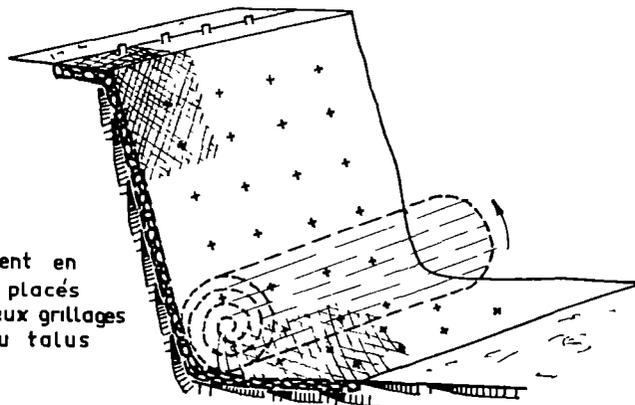


Fig-26 Gabion commun horizontal

Nota - Il existe également des gabions verticaux
 La différence est dans le mode de fermeture
 - horizontaux - fermeture suivant une génératrice
 - verticaux - fermeture au sommet

Fig-29 Revêtement en cailloux placés entre deux grillages fixés au talus



GABIONS A POUCHES

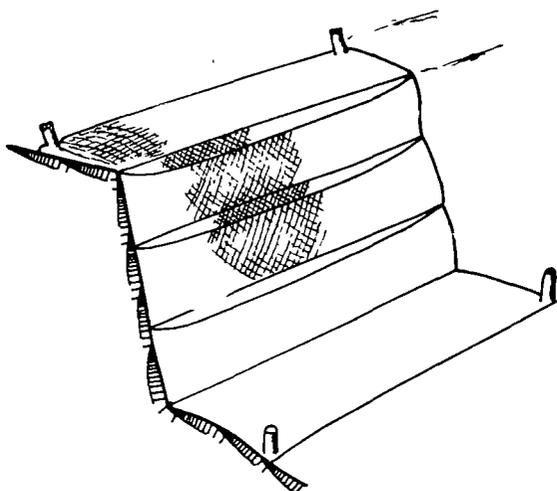


Fig-27 Perspective

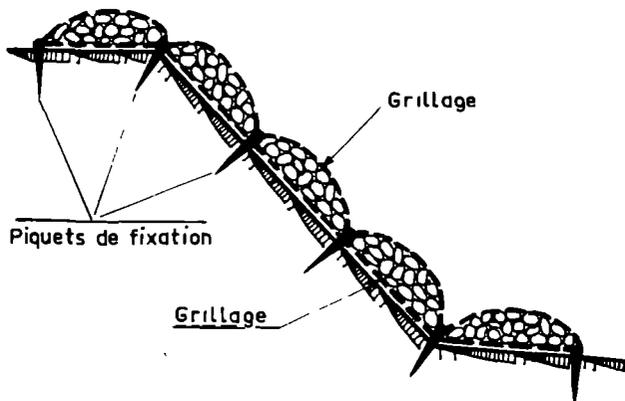


Fig-28 Vue en coupe des gabions à poches remplis de cailloux

DEUXIEME PARTIE

AMENAGEMENT DE COURS D'EAU

GENERALITES

Le transport de matériaux d'un lit de rivière peut s'effectuer de trois manières différentes selon leur grosseur.

- éléments fins sont mis en suspension et y sont maintenus par le mouvement tourbillonnaire des eaux.
- éléments moyens progressent par sauts c'est le phénomène de saltation.
- éléments plus gros roulent sur le fond c'est le phénomène de traction.

Les seuils de grosseur qui séparent les éléments transportés par suspension, saltation ou traction, diffèrent d'une rivière à l'autre et varient dans la même rivière avec le débit.

La suspension a pour effet de substituer à l'eau un fluide plus dense dont la poussée d'ARCHIMEDE sur les matériaux en saltation ou traction est plus grande que celle de l'eau non chargée en matières. La suspension des matériaux fins facilite ainsi la mise en mouvement des matériaux plus gros.

Ces phénomènes de mobilisation et de transport intéressent nécessairement les matériaux du lit sur une épaisseur notable ainsi que l'indique l'importance de leurs effets. Pendant les crues le lit s'approfondit, exemples .

- au COLORADO, près de Yuma, une crue de 4,25 m a enlevé une hauteur de 11 mètres de matériaux.
- au BENGAL, le GANGE soulève et balaye le sable de son lit sur une profondeur de 30 mètres lors de chaque crue annuelle.

Le phénomène d'affouillement général est surtout accentué là où le lit est bien délimité par de hautes berges ou des digues. D'ailleurs, l'endiguement accentue notablement ce phénomène (cf. 4ème Congrès d'Irrigation et de Drainage - MADRID 1901 - Question 14).

Si une rivière peut s'étaler dans un vaste champ d'inondation (SENEGAL par exemple) les affouillements peuvent être insignifiants.

Le facteur le plus important du phénomène est donc la VITESSE du courant. Il est donc nécessaire de pallier les effets dus à cette vitesse on y parvient en réalisant certains aménagements portant soit sur la protection ou la reconstitution des rives, soit sur la stabilisation du lit.

PROTECTION DE RIVES

La protection d'une berge de rivière est nécessaire lorsque

- 1/ - les matériaux qui la constituent ont peu de cohésion (remblais récents, matériaux pulvérulents)
- 2/ - la vitesse d'écoulement des eaux est forte
- 3/ - d'autres facteurs (batillage, etc...) menacent la stabilité des talus.

Le principe consiste à appliquer contre le talus un revêtement rigide et inaffouillable. D'autres techniques telles que la mise en place d'épis, ont pour effet d'éloigner le courant des berges, mais lorsque le lit est trop étroit, il faut avoir recours au revêtement, sous peine de voir l'épi constituer un véritable barrage.

Berges insubmersibles

Hauteur des berges inférieures à 4 mètres

Le revêtement des talus peut être réalisé exclusivement par l'emploi de gabions, lorsque la hauteur des berges ne dépasse pas quatre mètres.

On procède à l'empilement en gradins de gabions cages disposés longitudinalement et fondés sur des gabions semelles placés perpendiculairement à la berge.

Les gabions semelles, par leur déformabilité, épousent le terrain d'assise à tout moment et en cas d'affouillement du lit, permettent de conserver à l'ouvrage sa tenue malgré un certain affaissement possible.

- Schémas types de protection. Les figures de la planche 6 donnent divers profils de protection en fonction des terrains rencontrés.

Les schémas sont des dispositions classiques. Les gabions peuvent, tout en assurant la protection du talus, jouer un rôle de soutènement.

- Normes de construction. D'après ce qui a été dit dans la première partie de cette brochure (page 6), une norme pratique de construction en matière de revêtement, consiste, lorsqu'on désire calculer l'épaisseur à la base du mur, à prendre une valeur égale au tiers de la hauteur.

Cette norme approximative est valable lorsqu'on utilise les gabions puisque les dimensions standard de ce matériau entraînent un surdimensionnement des épaisseurs.

La crête du revêtement en gabions doit être à une cote supérieure à celle des plus hautes eaux.

- Principe de construction. Les réalisations successives sont les suivantes :

- Terrassement d'assiette
- Pose des gabions semelles de fondation
- Pose des rangées successives des gabions cages
- Remblayage éventuel des vides existant entre le talus et les gabions

- Avant-métré. L'avant-métré peut se calculer de deux façons différentes suivant le stade de l'étude

a/ - au stade de l'avant-projet sommaire, on se bornera à multiplier la section totale par le développement.

b/ - au stade du projet, il sera recommandé de métrer par étage afin de chiffrer le nombre de gabions de chaque type.

Hauteur des berges supérieure à 4 mètres (Planche n°7)

Deux éventualités peuvent se présenter

1° - Possibilité de construire à sec : les protections peuvent être réalisées exclusivement en gabions.

2° - Dans l'éventualité où le niveau des basses eaux ne permet pas la mise en place d'étages inférieurs de gabions, on peut combiner l'utilisation d'embrochements et de gabions.

Les massifs d'embrochement assurent la butée tout en stabilisant par eux-mêmes la rive au-dessous du niveau de fondation de revêtement.

- Schémas types de protection. Les figures 37 à 40 donnent les coupes transversales types de dispositifs inspirés de ces principes.

- Schéma particulier de protection. Lorsque l'instabilité locale du talus des rives est due à une tendance systématique du creusement excessif du lit, il est préférable d'associer un épi noyé au revêtement des berges pour donner à celui-ci de bonnes conditions de stabilité (figure 41-42).

Berges submersibles (Planche n°8)

Dans le cas de berges submersibles, on peut envisager les deux possibilités suivantes .

- on désire laisser la berge submersible
- on désire la rendre insubmersible.

PROTECTIONS DE BERGE INSUBMERSIBLE

$$H + 0.50 \leq 4 \text{ mètres}$$

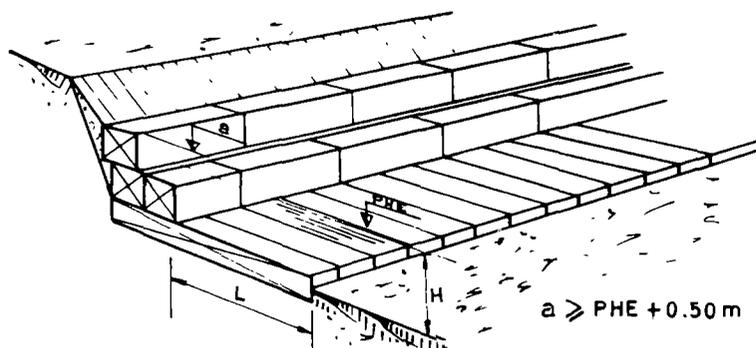


fig-30 Disposition courante

Nota Pour toutes les dispositions la longueur "L" de la partie débordante de la semelle est égale à deux fois au moins la profondeur d'affouillement possible

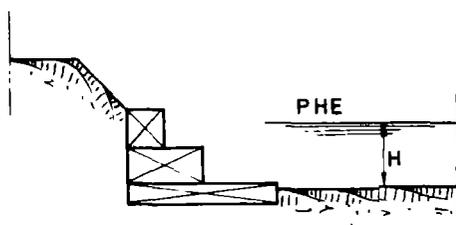


fig-31 Disposition courante nécessitant des travaux de terrassement (Déblais et talutage)

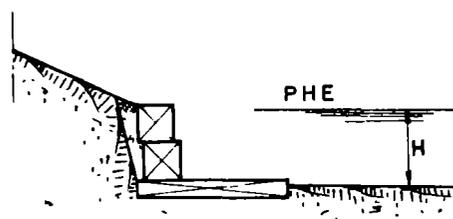


fig-32 Disposition pour Angle de talus naturel $\varphi \geq 45^\circ$

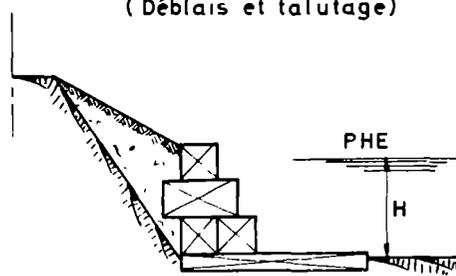


fig-33 Disposition pour Angle de talus naturel $\varphi < 45^\circ$ Surcharge possible (route remblais)

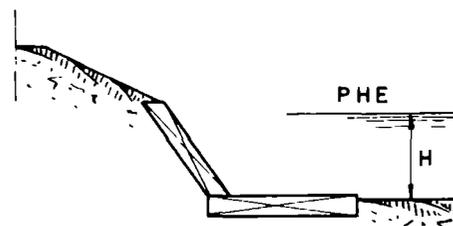


fig-34 Disposition simple : Comprenant un tapis parafouille et un revêtement de gabions semelle à arêtes obliques

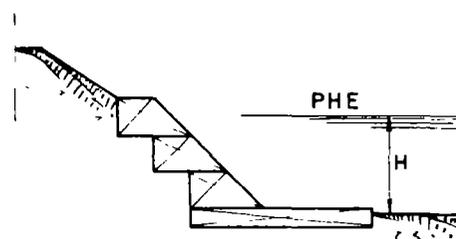


fig-35 Disposition pour réaliser une protection suivant un profil trapézoïdal imposé (ces gabions de type particulier sont livrés sur commande)

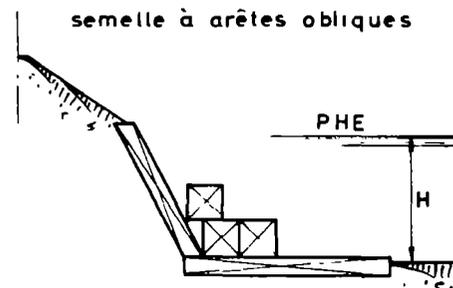


fig-36 Disposition particulière permettant d'éviter le remblayage (la mise en place des gabions sur le talus nécessite un soin particulier)

PROTECTIONS DE BERGE INSUBMERSIBLE

$H + 0,50 > 4$ mètres

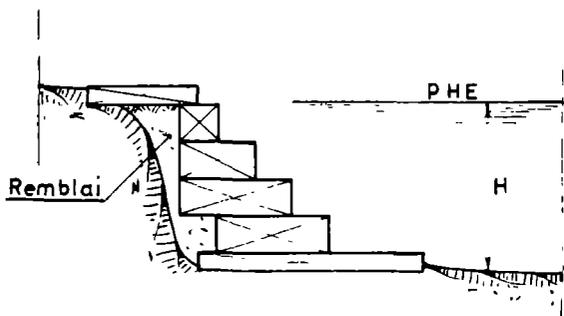


fig-37 Mur de protection de 4 mètres de haut avec gabions semelle à la base et au couronnement

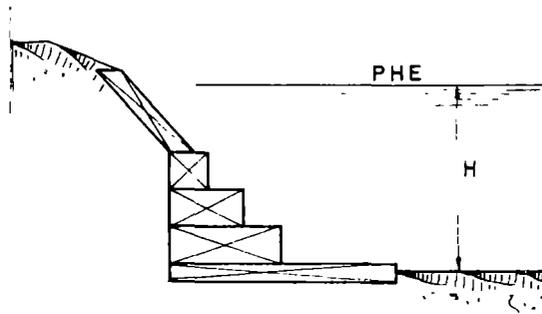


fig-38 Mur de protection avec à la partie supérieure un revêtement plus souple

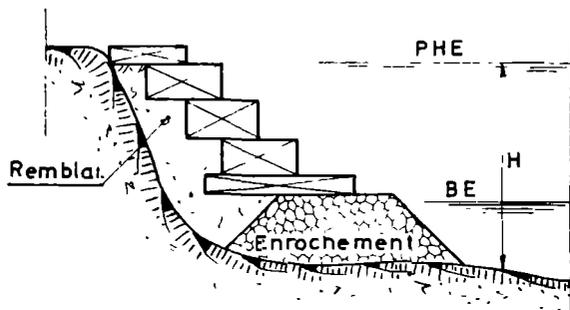


fig-39 Association enrochements gabions métalliques

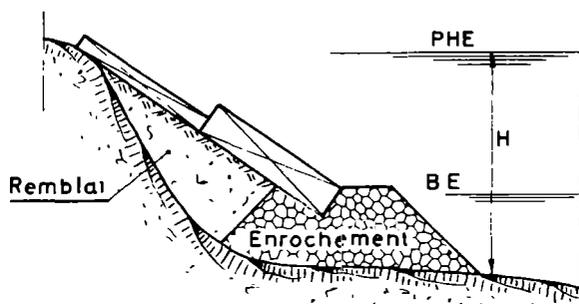


fig-40 Disposition économique et esthétique de gabions cage et semelle

fig-41-42 Schéma particulier de protection L'épi situé en pied de rive donne une plus grande stabilité au dispositif de protection

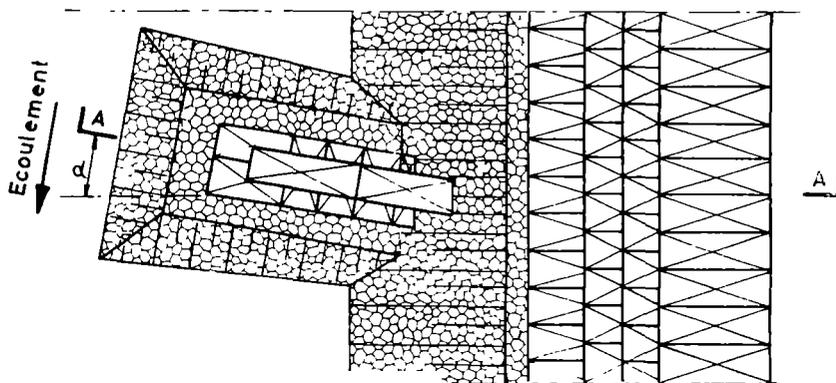


fig-41 plan

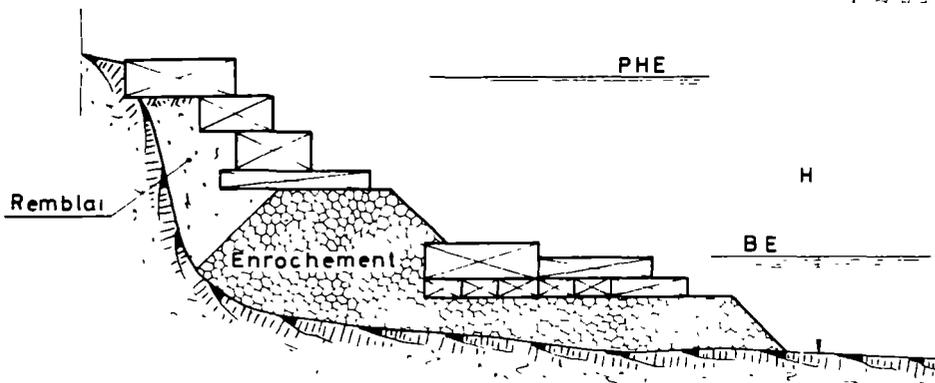


fig-42 coupe A - A

PROTECTIONS DE BERGE SUBMERSIBLE

1° La berge doit rester submersible

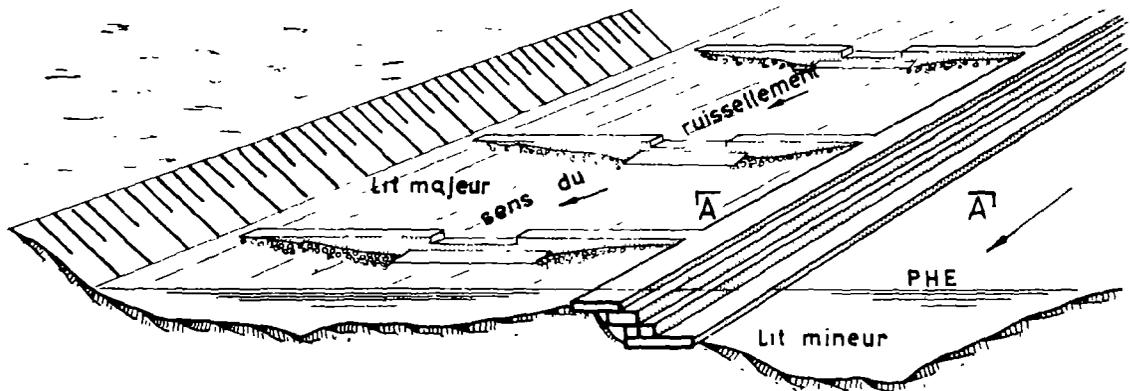


fig. 43 Protection de berge submersible et aménagement secondaire du lit majeur

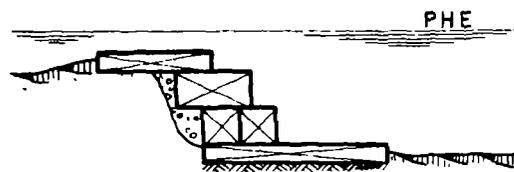


fig. 44 Coupe AA

2° Rendre la berge insubmersible

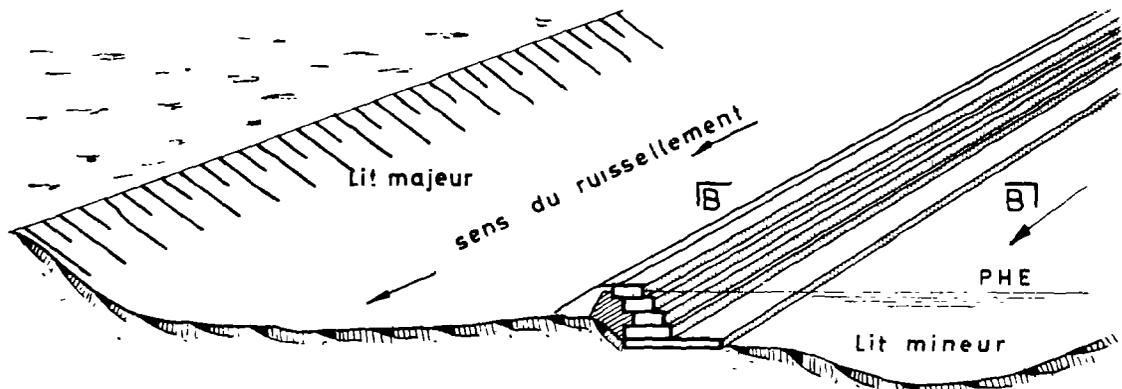


fig. 45 Ce procédé évite l'aménagement du lit majeur et peut dans certains cas être moins coûteux que celui de la première solution

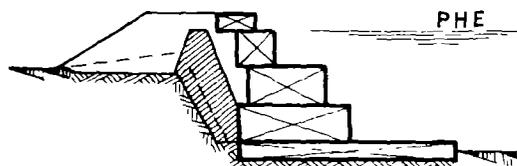


fig. 46 Coupe BB

La première possibilité intéresse directement les cours d'eau qui, en crue, envahissent un lit majeur vaste. Ces eaux de crue, par leur apport limoneux, enrichissent les zones de débordement et celles-ci sont mises en culture à la décrue.

Des aménagements secondaires du lit majeur peuvent alors être imaginés dans le but de favoriser le colmatage, de fixer le sol et de limiter - voire diminuer - fortement l'effet érosif des ruissellements.

La figure 43 représente très schématiquement un dispositif de conservation des sols associé à une protection de la berge du lit mineur qui ne confère à celle-là aucun caractère d'insubmersibilité.

Cette protection vue en coupe (fig. 44) se présente sous une disposition classique en gradins avec une semelle supérieure de couronnement recouvrant les étages supérieurs, et reposant sur les remblais d'ados.

Lorsqu'on désire rendre la berge insubmersible, on bâtit une véritable digue. Celle-ci (fig. 45) est constituée par un noyau étanche incorporé à un remblai convenablement taluté côté aval. Les gabions jouent un rôle efficace de protection dans un tel édifice.

RECONSTITUTION DE RIVES

On distingue :

- 1° - Les ouvrages longitudinaux
- 2° - Les ouvrages transversaux.

Ces ouvrages visent à la reconstitution de rives sur des sections de long développement.

Principes communs à ces deux types d'ouvrages

- Modification plus ou moins profonde de la distribution antérieure des vitesses à leur abord ou à leur contact.
- Augmentation des tendances aux affouillements du lit.

La nécessité de ne consentir que des dépenses relativement modiques, ne permet pas l'utilisation d'ancrages profonds pour garantir de façon absolue la stabilité de ces ouvrages.

L'utilisation du gabion présente dans ce cas bien particulier l'avantage d'associer à une stabilité de l'ouvrage un prix de revient acceptable.

Ouvrages longitudinaux (Planche n°9)

Les ouvrages longitudinaux permettent d'assurer une bonne continuité dans les tracés ou dans les caractéristiques d'un chenal (canal de navigation) ; continuité qui ne peut toujours être respectée avec des ouvrages transversaux.

D'autre part, ils constituent un procédé simple et rapide, pour rétablir un lit après diverses dégradations (brèches, érosion, etc...).

Schéma type . digue à muraille (figure 47)

La digue à muraille peut, moyennant quelques précautions peu coûteuses, conserver sa stabilité propre même en cas de prise à revers par un bras de crue dérivé latéralement dans l'étendue du lit majeur, pendant sa construction ou après son achèvement.

Comme le montre la figure 47, la digue à muraille peut être adossée à un remblai compacté. Ce remblai peut jouer un certain rôle dans la stabilité de l'ouvrage.

Lorsque la rive est submersible et que le remblai risque d'être dégradé, il est souhaitable de nervurer ces ouvrages du côté contigu à la rive afin d'en renforcer la stabilité (figure 48).

Superstructure des digues à murailles

Dans un but économique, on peut rechercher un équilibre entre le corps de l'ouvrage en gabion et le remblai d'ados. Celui-ci, par la poussée qu'il exerce, permet de réduire le profil en travers.

Dans les limites d'une hauteur maximale de digue de 4 mètres, il faut donner pour largeur 2 mètres.

- aux deux assises inférieures de gabions de la digue si celle-ci a 3 mètres,
- aux trois assises inférieures de la digue si celle-ci a 4 mètres.

L'assise supérieure peut alors n'avoir que 1 mètre de largeur. La profondeur d'ancrage est de 1 à 2 mètres.

Lorsque le remblai d'ados est pulvérulent, il faut interposer entre celui-ci et la muraille un corroi d'argile ou un matelas filtrant comme l'indique la figure 47.

L'ouvrage longitudinal doit être implanté définitivement et une erreur d'appréciation ne peut être corrigée qu'au prix de dépenses onéreuses.

Dispositif para fouille (figures 49 à 52)

Dans le cas d'ouvrages longitudinaux autres que les digues à murailles, l'utilisation du gabion trouve sa place comme dispositif para fouille.

Le tapis para fouille peut être prévu avec une épaisseur plus faible en rive qu'au pied de l'ouvrage. On peut combiner tapis para fouille et épi stabilisant.

La figure 52 montre que si la largeur du tapis est assez forte, on peut intercaler des alvéoles à enrocher ou à remplir de galets choisis en raison de leur masse plus forte.

Il est bon alors de porter à un mètre l'épaisseur des nervures transversales du tapis qui séparent ces alvéoles les unes des autres.

Ouvrages longitudinaux submersibles

Lorsque les eaux déversent par dessus les ouvrages longitudinaux, qu'il s'agisse de digue à muraille ou de digue en terre, il est souhaitable de prendre certaines précautions pour éviter toutes dégradations par érosion de la crête des digues.

Afin de diminuer la hauteur de la lame déversante on peut, au moyen de déversoirs latéraux, écrêter la crue, les eaux sont ainsi admises dans le lit majeur avant le moment de la pointe de crue et servent de matelas d'amortissement lorsque s'effectuent les débordements.

Les déversoirs de crues peuvent être traités en massifs bétonnés ou en digue à muraille à crête surbaissée (figures 53-54).

Dans tous les cas, on adoptera un dispositif para fouille en gabions comme indiqué au paragraphe précédent.

Ouvrages transversaux épis

Ils présentent les avantages suivants

- 1° - en poche latérale d'érosion, ils laissent libre accès aux eaux de crues limoneuses et permettent, avec le temps, un remblayage hydraulique.
- 2° - en procédant par étapes, on peut ajuster la longueur des épis à la largeur du calibrage du lit reconstitué.
- 3° - en donnant à ces ouvrages un faible relief, on évite de localiser des fosses d'érosion cause d'affouillement.

Caractéristiques des épis

Les crêtes plongeantes des épis préfigurent les sections transversales futures et permettent le centrage de l'écoulement et le rejet du courant vers l'axe du lit.

Ces ouvrages assurent la décantation des eaux de crue dans les alvéoles délimitées par la rive à laquelle s'enracinent les épis successifs et les épis eux-mêmes. Le résultat de ces actions constitue une protection efficace des rives contre l'érosion des eaux de crues.

Orientation des épis

L'action dérivatrice de l'épi croît avec l'angle d'inclinaison α vers l'amont que fait son axe longitudinal sur la normale à l'axe général d'écoulement (d'après Quesnel).

Une action dérivatrice trop violente due à un angle trop fort peut provoquer en tête d'épi des érosions par l'effet de fortes vitesses qui peuvent se localiser.

Il faut rechercher un écoulement général non troublé dans les alvéoles de façon à obtenir une bonne sédimentation.

Ceci entraîne la nécessité de rendre les épis insubmersibles sur la plus grande longueur possible à partir de la rive.

Si la rive doit rester submersible, l'épi doit rester orienté vers l'amont sur toute sa longueur de façon à concentrer le flot dans l'axe du lit. La crête de l'épi est alors franchie en lame déversante. L'angle d'inclinaison de l'axe longitudinal de l'épi sur la normale à l'axe général d'écoulement est :

- de 5 à 15° pour la partie submersible
- de 5 à 10° pour la partie insubmersible.

Un débit solide à gros éléments ainsi qu'une faible pente longitudinale du lit, exigent un angle d'inclinaison fort.

Distance entre épis

Des études faites sur modèles réduits conduisent à penser qu'on obtient les dispositions les plus propices à une bonne sédimentation en écartant les épis d'une distance qui est de l'ordre de la moyenne de la longueur des deux épis contigus en question.

Lorsque l'érosion est très agressive, il faut construire des épis qu'on allonge vers l'axe du lit au fur et à mesure que la sédimentation progresse.

La règle de l'écart donné ci-dessus conduit alors à allonger un épi sur deux, puis un sur quatre.

Différentes parties dans un épi

Il faut distinguer dans un épi les cinq parties suivantes (figure 55)

- 1° - le tenon d'ancrage, en rive
- 2° - le contre-épi
- 3° - l'épi à proprement parler
- 4° - l'épi de rejet
- 5° - le tapis parafouille

1° - La profondeur d'ancrage varie de 3 à 5 mètres suivant la hauteur et la nature de la rive.

On adopte un profil rectangulaire, à largeur constante tant en fondation qu'en élévation et qui peut varier d'un à 2 mètres.

2° - Le contre-épi. Dans la section amont d'une poche latérale d'érosion, le tracé de la rive forme avec le contre-épi un angle de 90° environ afin de favoriser un bon ancrage de rive, ce qui n'aurait pas lieu si l'angle était très fermé. Le contre-épi forme donc avec le reste de l'épi, une brisure (figures 56-57) qui permet d'enraciner l'ouvrage à peu près normalement à la rive.

La longueur du contre-épi varie de 1/5 au 1/6 de la longueur totale de l'épi. Il n'y a toutefois pas intérêt à prévoir les contre-épiss de moins de 3 mètres ou de plus de 20 mètres (figure 56).

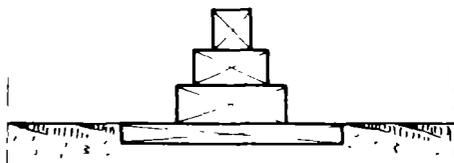
C'est au point de brisure que l'on dénivellera la crête du contre-épi par rapport à celle de l'ensemble de l'épi, dans le cas où la rive est insubmersible. Si la rive est submersible, on arasera la crête du contre-épi au niveau de la rive.

Ouvrages transversaux - Epis

- Profils types -

Type a - Epi en gabions cage sur massif de fondation en gabions semelle ou béton

- Type a 1 -



- Type a 2 -

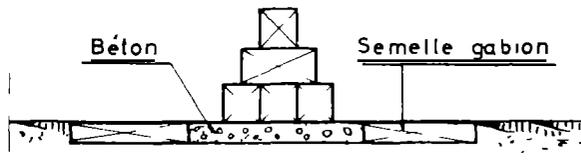
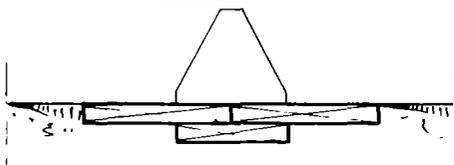


fig-65 A proximité de l'enracinement en rive

Type b - Epi en béton ordinaire ou en gabion sur massif de fondation en gabions semelle et sous semelle

- Type b 1 -



- Type b 2 -

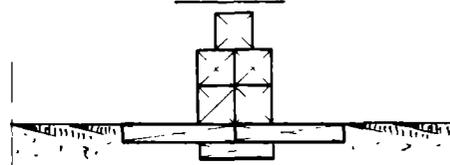
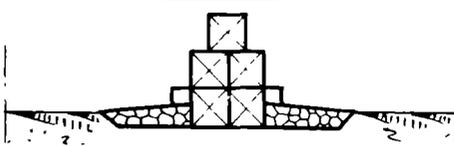


fig-66 A proximité de l'enracinement en rive

Type c - Epi en gabions cage sans massif de fondation mais protection périphérique en enrochements

- Type c 1 -



- Type c 2 -

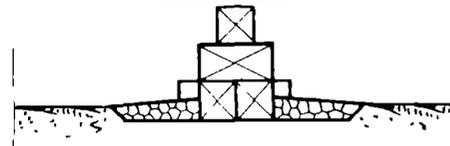


fig-67 A proximité de l'enracinement en rive

Epi à structure déformable - solution économique

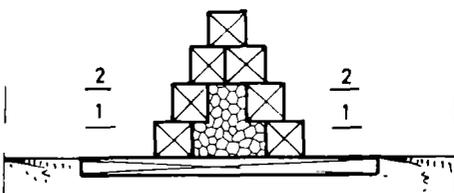


fig-68 Coupe transversale

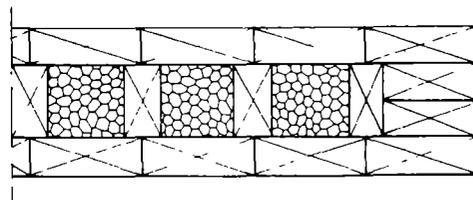


fig-69 Plan au niveau 1

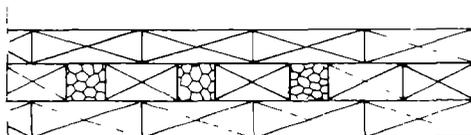


fig-70 Plan au niveau 2

Ouvrages transversaux - Epis

Epi à superstructure en béton ordinaire ou en maçonnerie de moellons ordinaires sur massif de fondation en gabions semelle formant tapis parafouille périphérique

Epi à section en trapèze isocèle sur rectangle de base de 0 25 m de hauteur

Tapis parafouille de gabions semelle

Amont

joint

Tenon d'ancrage en rive
Crête du talus de rive

Tapis de gabions semelle formant sous semelle

Aval

fig - 71

Coupe A-A

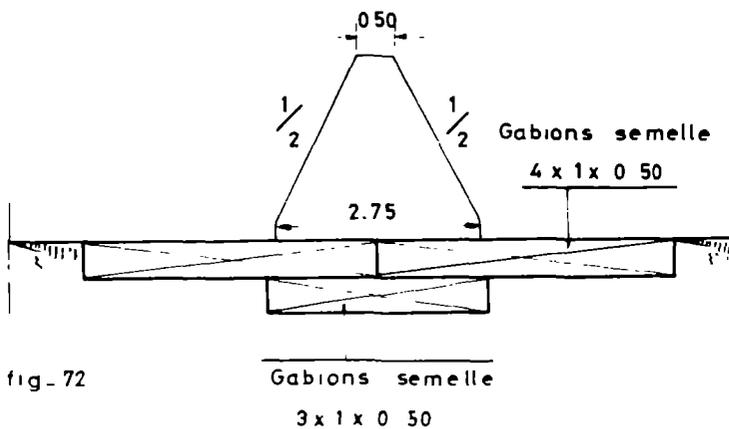


fig - 72

Coupe longitudinale sur un joint

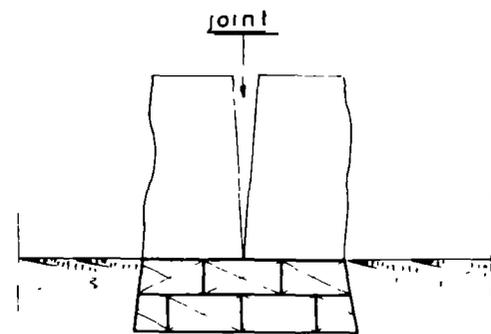


fig - 73

Ouvrages mixtes

Rive à forte concavité

Fermeture des alvéoles de colmatage par un seuil longitudinal

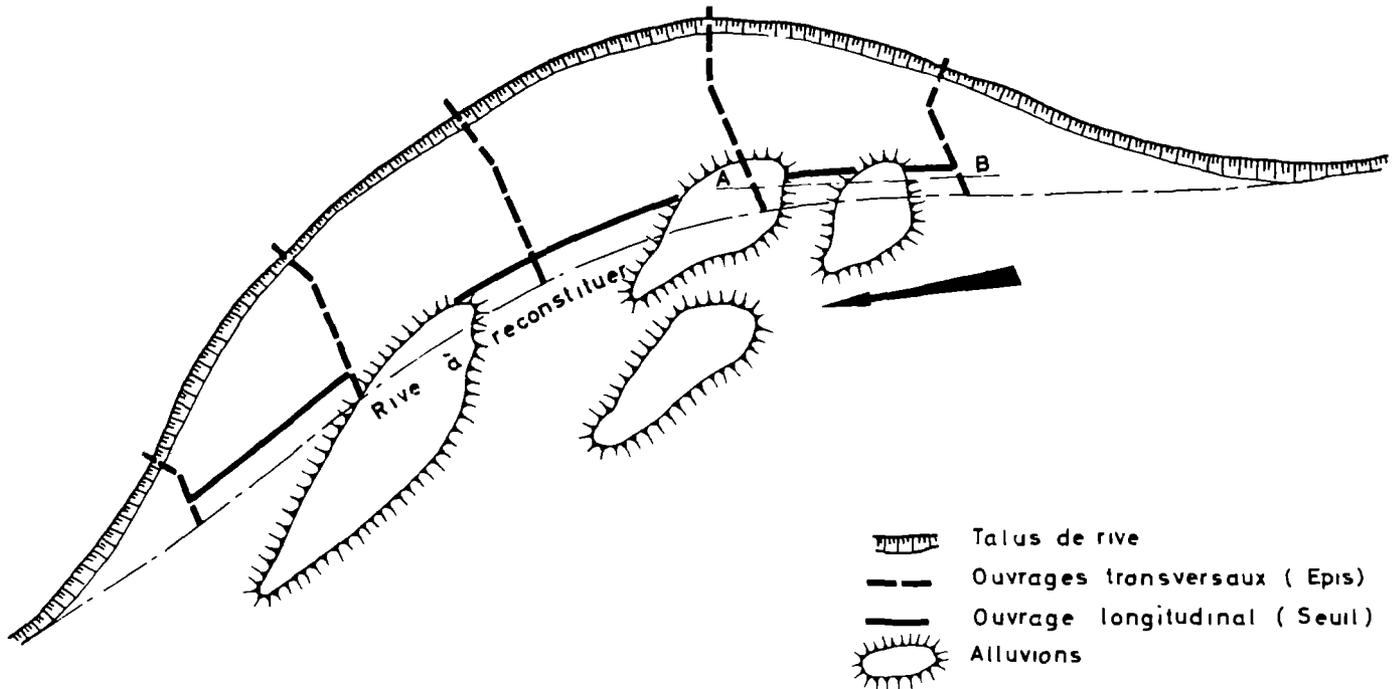


fig-74 vue en plan schématique



fig-75 Coupe suivant A.B

Ouvrages mixtes

Rive à faible concavité

Risques d'érosion du talus de rive

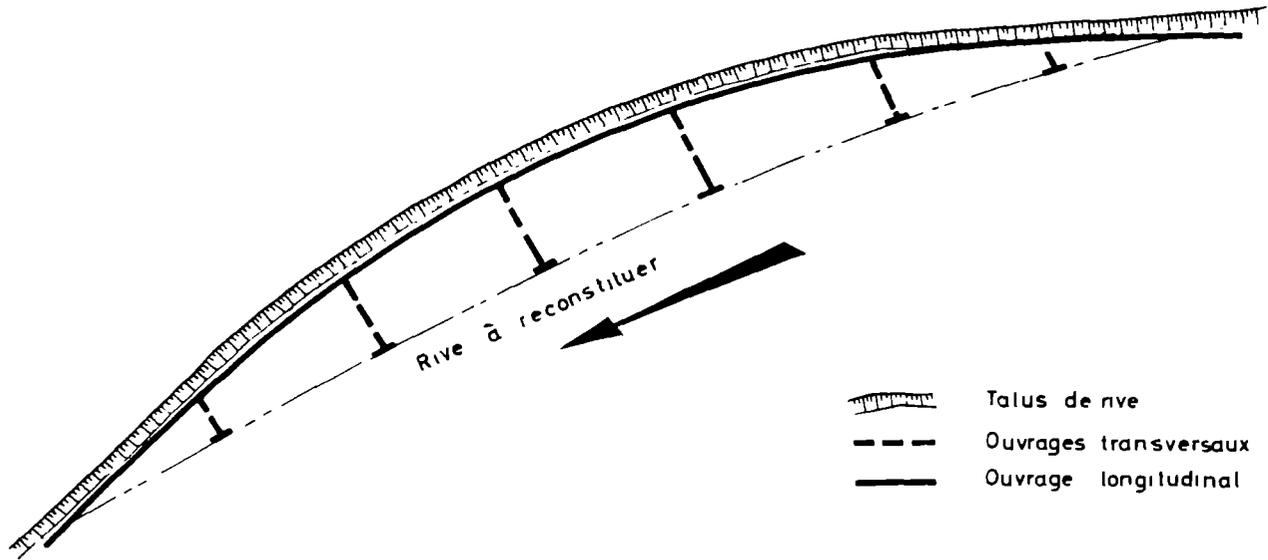


fig-76 Vue en plan schématique

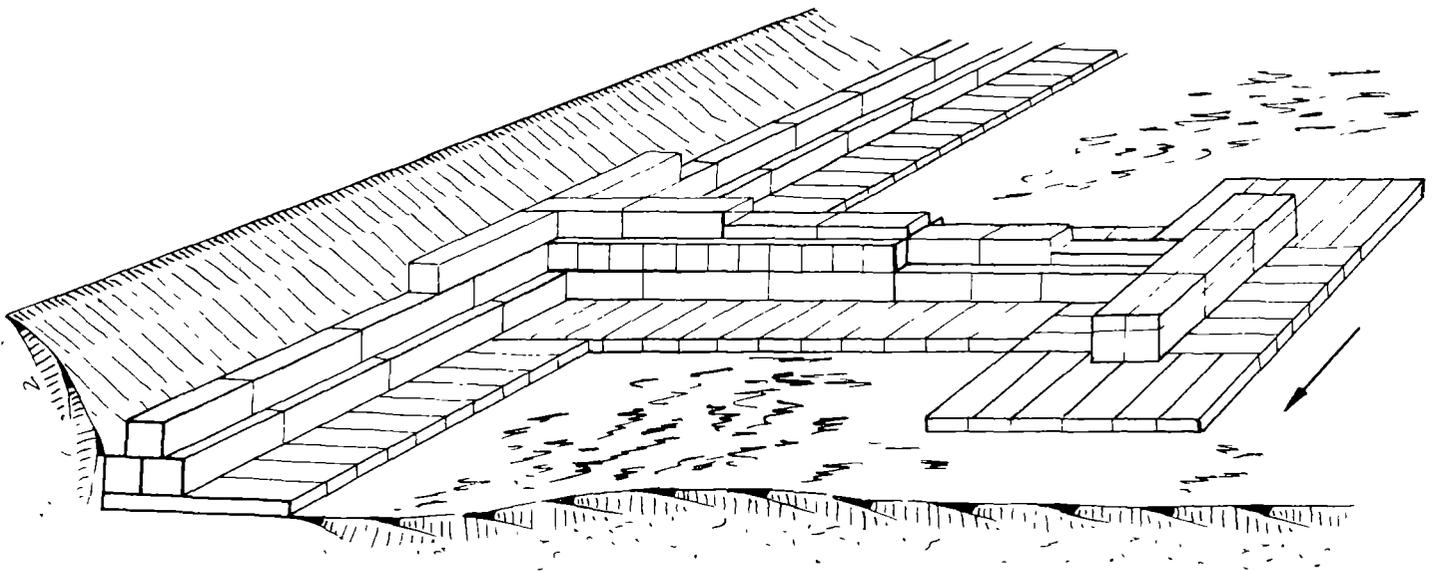


fig-77 perspective

FIXATION DU CHENAL DES BASSES EAUX ET CORRECTION DE LA PENTE DU LIT

seuil déversant

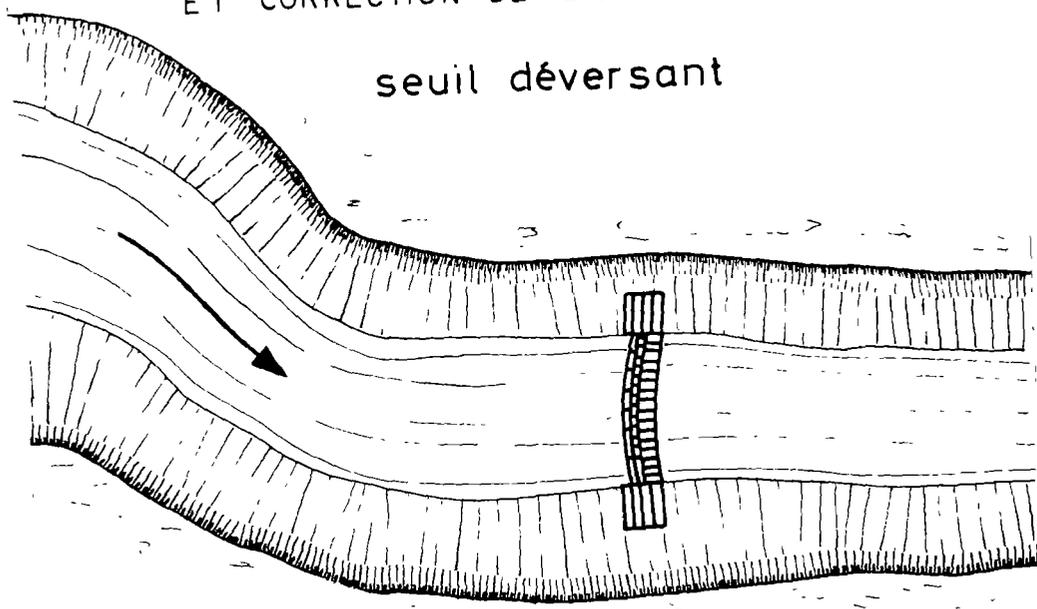


fig. 78 vue en plan schématique

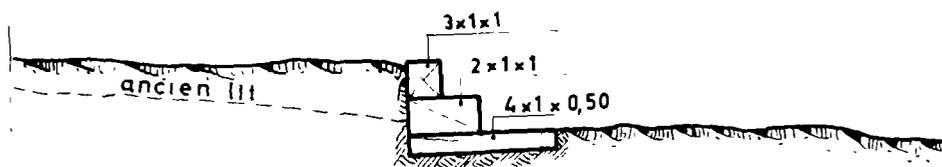


fig. 79 coupe transversale

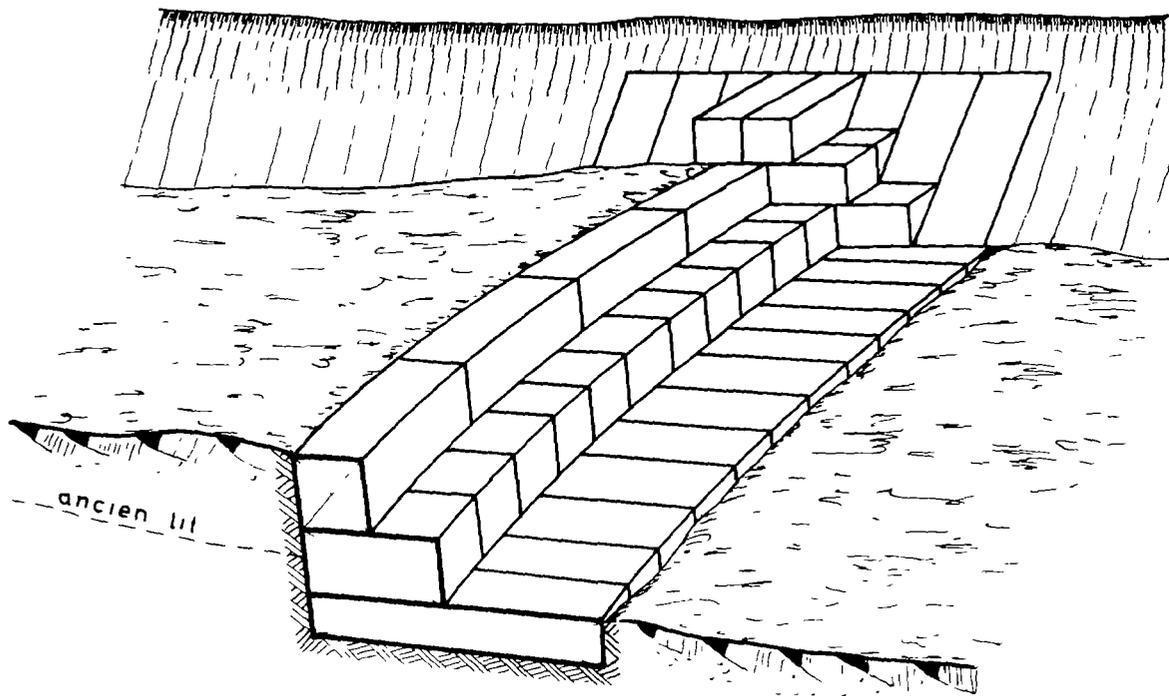
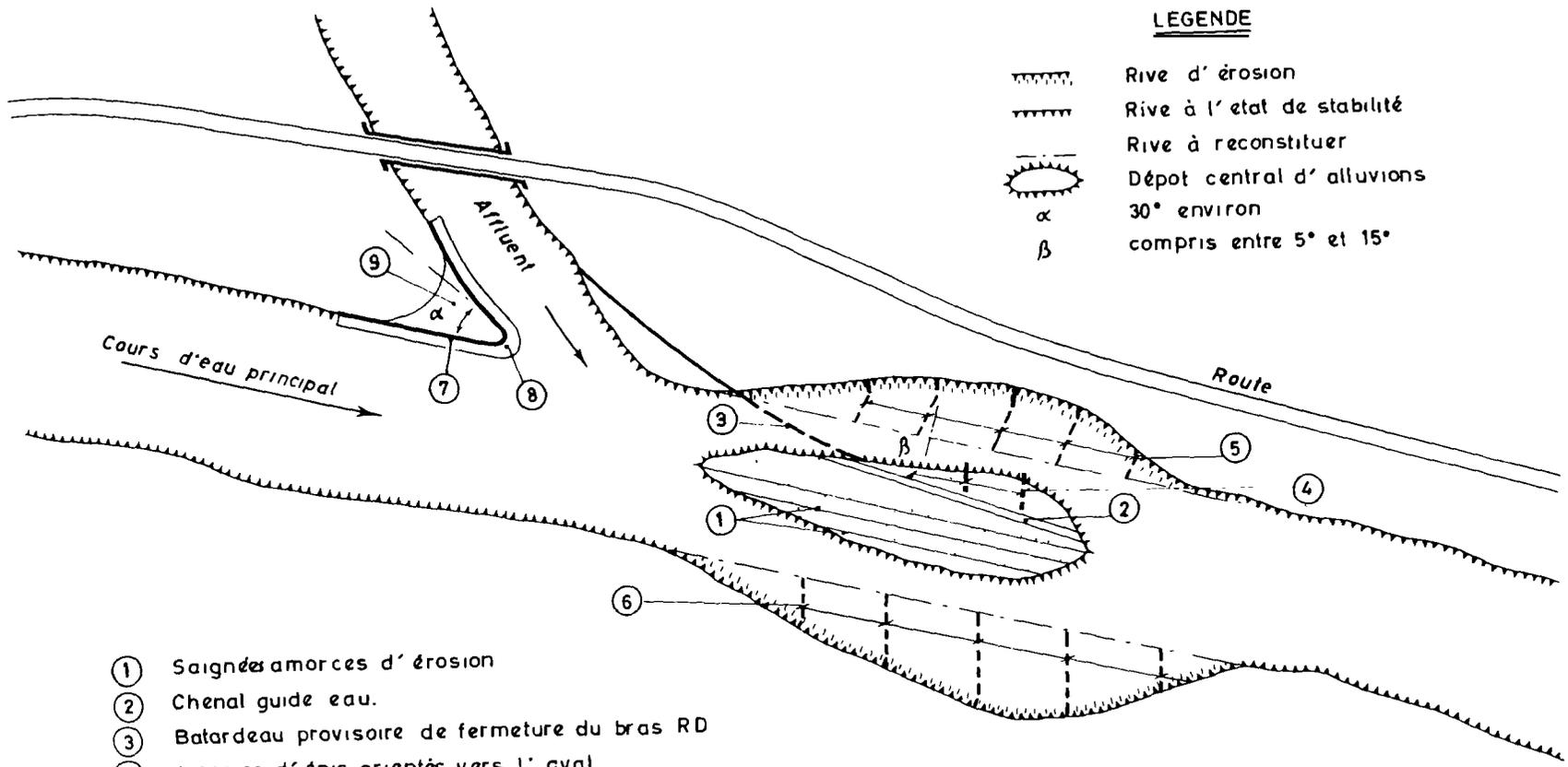


fig. 80 perspective

Aménagement théorique d'un confluent

D'après B. QUESNEL



LEGENDE

-  Rive d'érosion
-  Rive à l'état de stabilité
-  Rive à reconstituer
-  Dépot central d'alluvions
- α 30° environ
- β compris entre 5° et 15°

- ① Saignées amorce d'érosion
- ② Chenal guide eau.
- ③ Batardeau provisoire de fermeture du bras RD
- ④ Amorce d'épis orientés vers l'aval.
- ⑤ Série d'épis construits en 2 phases.
- ⑥ Série d'épis construits en 3 phases successives
- ⑦ Digue ou perré de rive du bec de confluent.
- ⑧ Dispositif parafouille du bec de confluent
- ⑨ Remblai

fig - 81

2 - sections contigües à l'enracinement en rive ou moins exposées aux chocs

<u>Hauteur du profil</u>	<u>Largeur des assises</u>		
	<u>inférieure</u>	<u>médiane</u>	<u>supérieure</u>
2,00 m	2 m	-	1 m
2,50 m	2 m	2	1 m
3,00 m	2 m	2	1 m
3,50 m	2 m	2	1 m
4,00 m	3 m	2 (1)	1 m

Comme l'assise inférieure n'agit que par la contribution qu'elle apporte à la répartition des pressions ou percussions reçues par la superstructure de l'épi sur le sol de fondation, lorsqu'elle comporte une largeur de 3 ou 4 mètres, il y a intérêt, par mesure d'économie, à la constituer de deux files de rives en gabions de 1 x 1 m avec remplissage intérieur de galets ou de pierres brutes, en reliant ces deux files de distance en distance par des gabions placés transversalement entre les deux files (figures 68 à 70).

Ouvrages mixtes

Lorsqu'en raison de conditions locales, la méthode des épis édifiés successivement devient d'un coût très élevé, on peut avoir recours au système suivant : on ferme les sections par où les eaux pénètrent dans les alvéoles par un seuil longitudinal bas en gabions, tracé dans l'axe qui relie les têtes d'épis placées définitivement (figure 74).

Ce seuil est situé en retrait, c'est-à-dire à 4 ou 6 mètres de la tête de l'épi, vers la rive.

La crête du seuil est en principe à araser un peu au-dessous du niveau des eaux moyennes, et plus généralement un peu au-dessus du niveau où les eaux deviennent franchement limoneuses.

Si on envisage un endiguement ultérieur, il est indiqué de profiler les seuils et de les implanter de façon à ce qu'ils puissent servir de butée au talus constitutif des rives après colmatage.

L'ensemble constitué par le seuil longitudinal et les épis forme un grill latéral dont les mailles transversales (épis) arrêtent la tendance au glissement vers l'aval des poches latérales de sédimentation.

Resserré désormais entre les digues fondées sur les seuils longitudinaux, l'écoulement ondulatoire tend ainsi à se fondre en un écoulement général de translation vers l'aval.

Les épis bas et plongeants en saillie sur le pied des digues paralysent l'action réfléchissante éventuelle de celles-ci.

Fixation du chenal des basses eaux (Planche n°15)

On peut être amené à envisager la rectification du profil longitudinal du lit d'une rivière.

Souvent la constitution des berges est associée à une fixation du lit ; la création de petits seuils disposés en travers du cours d'eau provoque un ralentissement des vitesses ainsi qu'un colmatage du lit à leur amont et une réduction du débit solide charrié.

Aménagements types

Aménagement théorique d'un confluent

Les différents dispositifs qui viennent d'être passés en revue, pour la reconstitution des rives, trouvent leur place dans le contexte d'un aménagement de rivière. Nous proposons ci-dessous les principes d'une méthode rationnelle d'aménagement. On se reportera utilement à la figure qui illustre ce texte (planche 16).

(1) - 2 assises médianes de 2 m de hauteur chacune

1° - Fixer le confluent par un bec de confluent qui intéresse à la fois pour les défendre contre l'érosion et les stabiliser

- la rive du cours d'eau principal contiguë au confluent, à l'amont immédiat de celui-ci.
- la rive amont de l'affluent aux abords amont du confluent.

Pour obtenir une bonne évacuation du débit solide de l'affluent, on trace cette dernière rive en courbe concave, le bec de confluent comportera un dispositif parafouille largement traité 1/4 à 1/5 de la largeur de la rivière.

2° - Provoquer la désagrégation du banc central d'alluvions par des essartements, des scarifications en saison sèche, des saignées longitudinales. Profondeur des saignées 0,40 à 0,80 m. Largeur au plafond 1 à 3 mètres.

3° - Provoquer la reconstitution progressive des rives par la technique des épis exécutés en phases successives.

Il ne faut pas faire des épis trop longs et cela à aucun des stades de leur développement tout au moins dans le tiers amont des anses d'érosion : on risquerait de graves submersions de rives.

En l'absence d'érosions pénétrantes, on peut prévoir un chenal guide eau (largeur au plafond 5 à 15 mètres) qui prolonge le tracé de la rive aval stabilisée de l'affluent. On ferme alors par des batardeaux provisoires le bras de rive et on consolide la rive du chenal guide eau par des amorces d'épis orientés vers l'aval.

Avec ces dispositions, on amène les eaux en provenance de l'affluent dans le chenal guide eau et on contribue ainsi à la disparition du dépôt central d'alluvions.

PROTECTION D'OUVRAGES EN RIVIERE

PILES

Une pile en tant qu'appuis se compose d'un corps ou fût, et d'une fondation formant empattement à la base. En rivière, une pile est munie de becs dont le rôle est hydrodynamique.

Parmi les différentes sollicitations agissant sur les piles, nous considérerons exclusivement l'action des eaux et des corps flottants.

Les forces d'origine hydrodynamique auxquelles les piles immergées sont soumises, sont négligeables à côté de l'importance des autres efforts en jeu dans l'équilibre de la pile. Il est néanmoins utile de connaître leurs ordres de grandeur ne serait-ce que pour démontrer à l'occasion qu'on peut les négliger.

Ces efforts assez mal connus dépendent

- des formes de la pile et du lit
- de la rugosité de leur paroi
- de la vitesse, température, viscosité et compositions chimiques de l'eau.

Pour la détermination de ces efforts, on se reportera à l'ouvrage "Piles, Culées et Cintres des ponts" de J.R. ROBINSON - Dunod - pages 13 à 21.

Une pile est un obstacle à l'écoulement naturel d'une rivière et le trouble qu'elle apporte est d'autant plus sensible que le courant est rapide.

L'eau gonfle devant la pile et s'écoule latéralement en cataractes, la ligne d'eau décroît rapidement de l'amont vers l'aval pour remonter lentement ensuite.

La déviation du courant et les mouvements tourbillonnaires qui l'accompagnent sont susceptibles de remanier le lit de la rivière et de l'affouiller au voisinage de la pile.

Les affouillements constatés varient avec la forme du fût. Des formes hydrodynamiques diminuent la turbulence de l'eau et les affouillements.

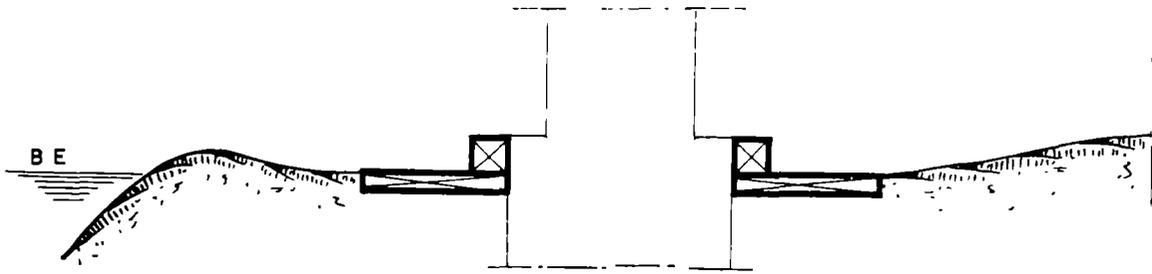


fig-82 Dispositif simple de protection en gabions

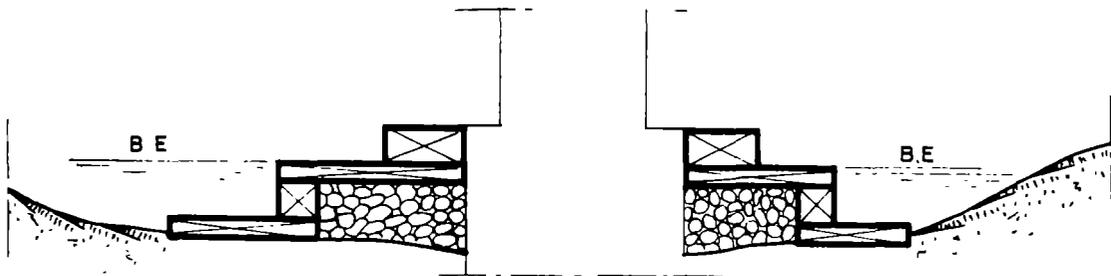
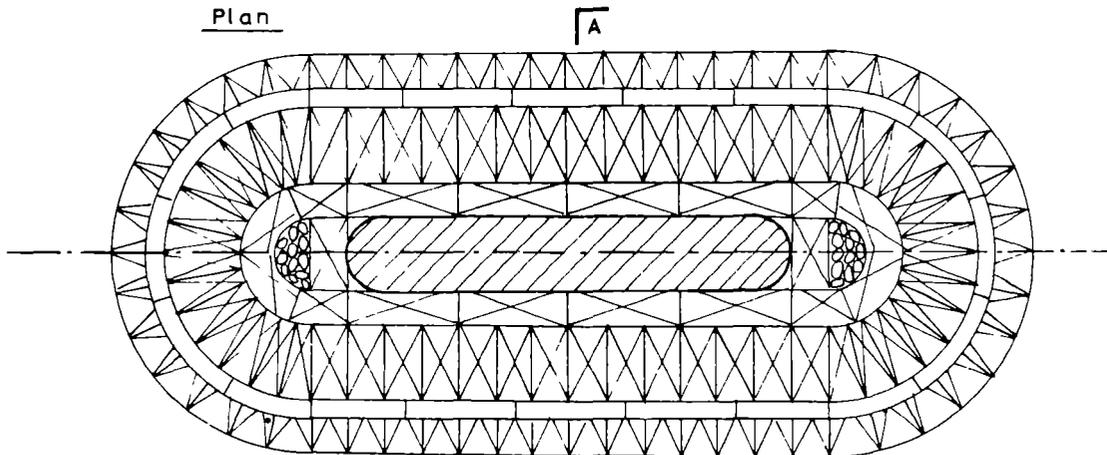


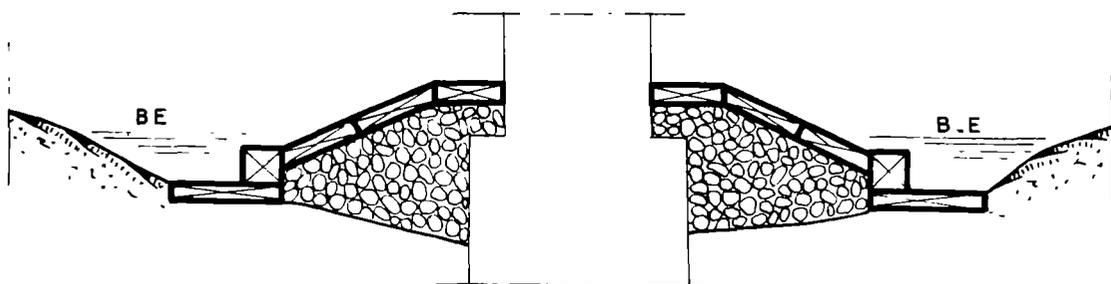
fig.83 Dispositif mixte _gabions _enrochements

fig.84 et 85 Dispositif mixte avec talus incliné

Plan



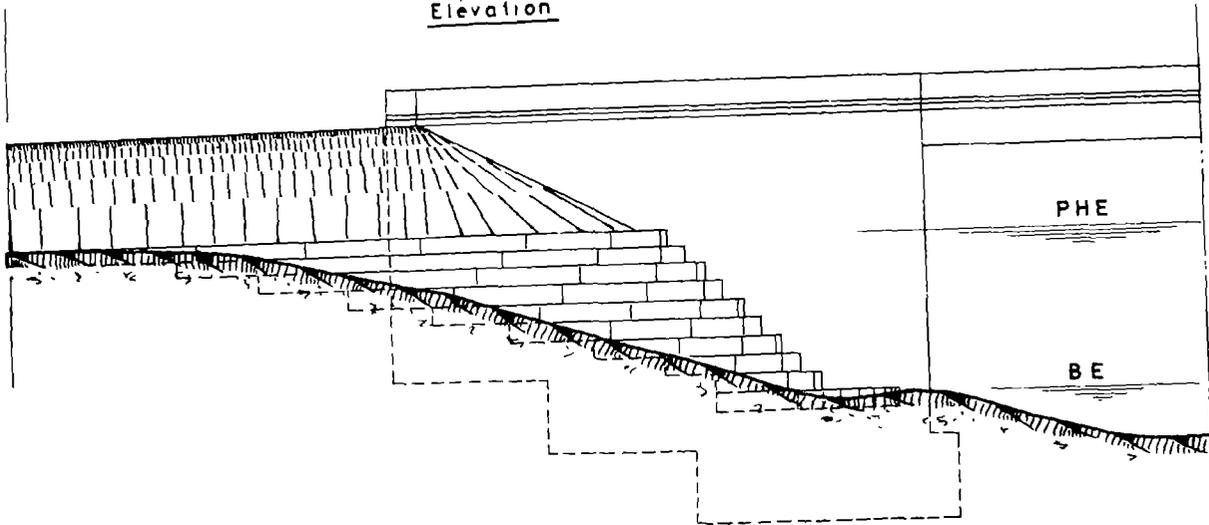
Coupe A A



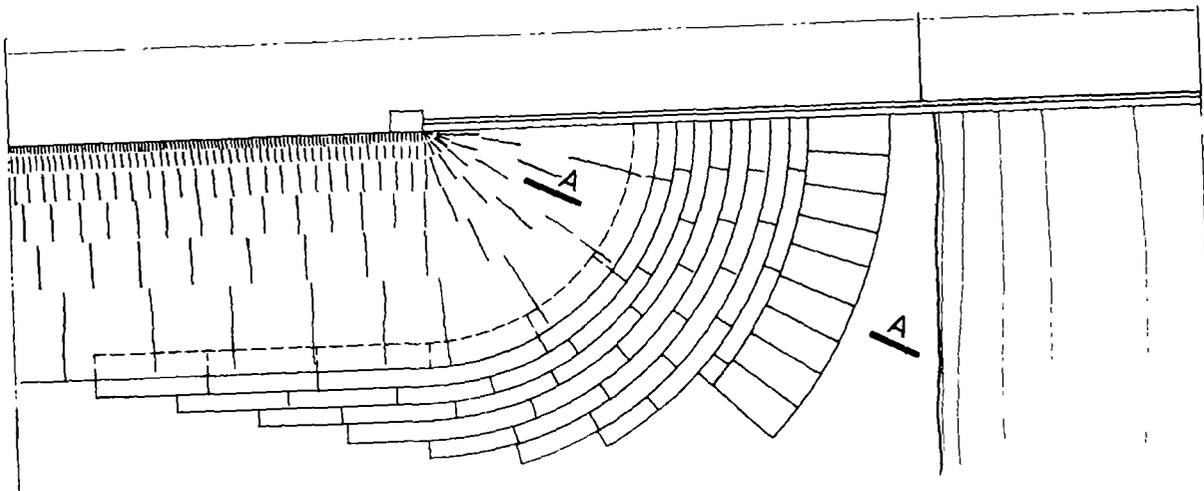
PROTECTION DES CULÉES DE PONT

Raccordement de talus en quart de cône

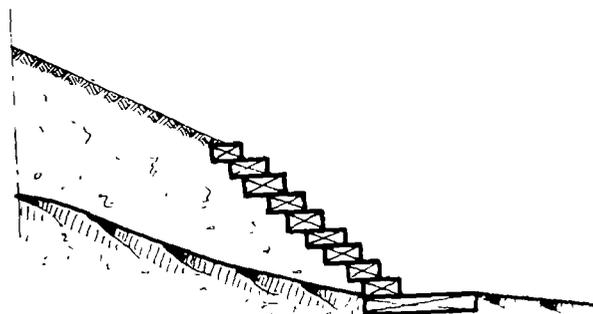
Élévation



Plan



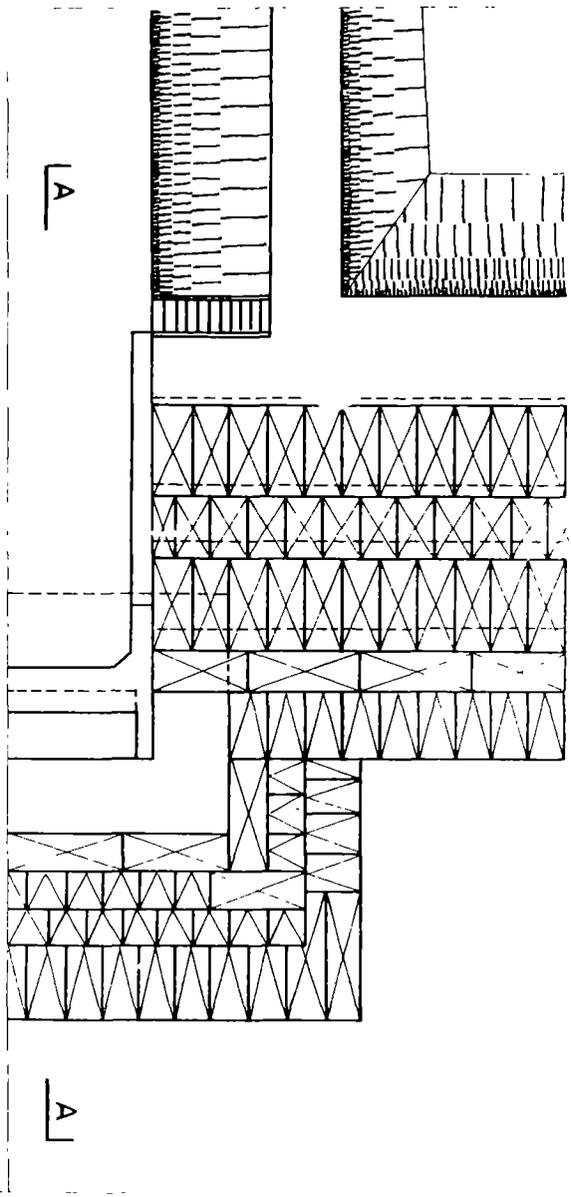
Coupe A - A



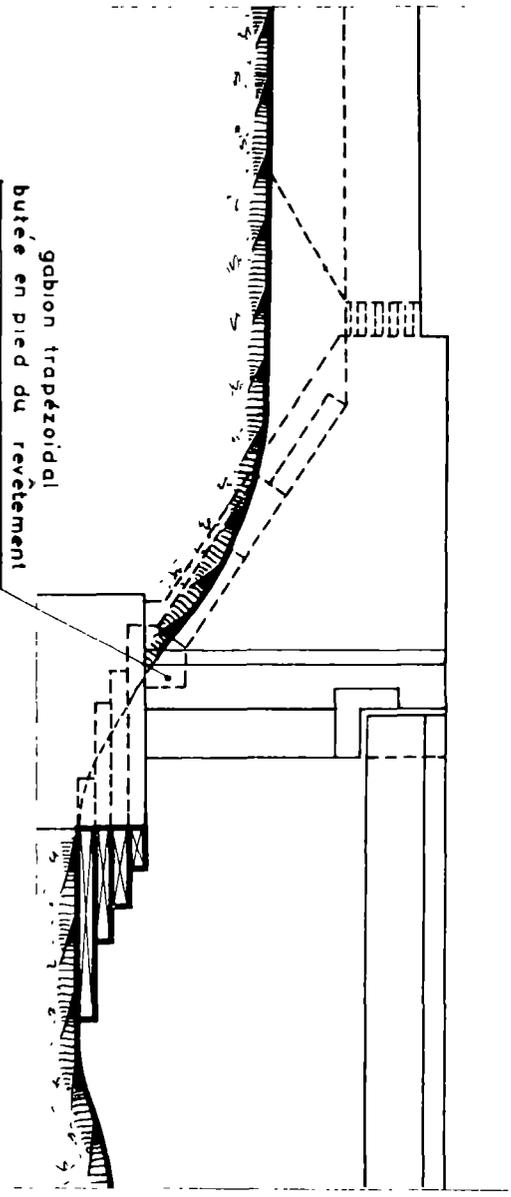
PROTECTION DES CULÉES DE PONT

Protection d'une culée associée à celle d'un talus de rive

Vue en plan sans tablier



Coupe A-A



Mais il ne faut pas croire que l'affouillement d'une pile est simplement dû à un phénomène local provoqué par la pile (Cf. Généralités - page 30).

La sécurité des piles est en effet dominée par le phénomène de l'affouillement général des lits par les crues : de ce fait la protection de tels ouvrages doit être envisagée dans le contexte d'un aménagement d'ensemble : protection de rives, fixation du lit, bref par tout ce qui vient d'être rappelé dans les chapitres précédents.

PROTECTION DES PILES (planche n°17)

Par enrochements

Le principe en est simple, l'affouillement se produit parce que les grains du sol constituant le lit sont assez petits pour être entraînés par les courants de crue.

Si l'on dispose autour d'une pile un tapis ou massif d'enrochement unitairement assez lourd pour que les courants les plus violents ne puissent les déplacer, les matériaux du lit soustraits à l'action du courant, ne pourront être entraînés et le lit ne sera pas affouillé dans la zone protégée.

Par gabions

L'expérience prouve que les enrochements de protection, si lourds soient-ils, sont toujours déplacés. Le niveau qui atteint le massif contre le fût d'une pile baisse avec le temps et il faut l'entretenir en rechargeant.

Ce ne sont pas les enrochements de surface qui sont entraînés, mais le lit en s'affouillant creuse des fosses sous les enrochements qui glissent.

Les gabions par leurs dimensions sont moins sujets à des glissements. Ligaturés et formant un ensemble robuste, ils ne sont pas sujets à une déchirure qui laisserait le lit à nu au voisinage de la pile.

Les dimensions géométriques de tels massifs donnent aux protections des formes plus hydrodynamiques que celles réalisées par l'empilement d'enrochements.

Les figures 82 à 85 donnent à titre indicatif quelques dispositifs type de protection de piles, en gabions seuls ou en association avec les enrochements.

Culées

En principe, une culée est moins exposée qu'une pile aux affouillements.

Le danger qui peut la menacer dépend de la stabilité de la berge, la tenue de celle-ci est en rapport avec l'importance des affouillements possibles sur sa paroi et surtout à son pied.

La planche n°18 montre un exemple de dispositif de protection dans le cas de culées raccordées au terrain naturel par quart de cône.

La planche n°19 réunit une protection de talus associée à celle du mur de front d'une culée à murs en retour et en encorbellement.

AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

A - CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL

I - GENERALITES

Les travaux de conservation des eaux et du sol ont généralement pour but de retenir le sol et l'eau d'une façon totale ou partielle, afin d'enrayer l'érosion et de permettre la récupération des terres dégradées.

L'emploi du gabion est à envisager en matière de conservation des eaux et du sol.

On rappellera ici les raisons d'emploi de ce matériau et on s'y référera ultérieurement pour chaque sorte d'ouvrage.

1 - Raisons économiques

- Le matériau de remplissage existe sur place ou à proximité pierres sur pentes de collines, galets dans le lit mineur de cours d'eau, carrière exploitable dans les environs.
- En général, l'accès au lieu d'aménagement est difficile et l'ouverture de voies de dessertes pour l'apport de matériaux autres que des enrochements ou pour la circulation d'engins grèvent le prix de revient.

Le gabion est donc préférable pour son prix de revient bas.

- Dans les aménagements de conservations des eaux et du sol, il faut mettre en place de nombreux ouvrages : seuils, barrages écrêteurs, ouvrages aux exutoires, etc...

La confection des gabions ne nécessitant pas une main-d'oeuvre très spécialisée, on peut disperser sur le terrain de nombreuses équipes pour leur réalisation. Les conditions climatiques peuvent parfois imposer des délais d'exécution courts.

- Les travaux peuvent être exécutés en régie, et la mobilisation des populations pour un travail relativement facile constitue dans une certaine optique de mise en valeur, un investissement humain.

2 - Raisons techniques

Le gabion répond à des impératifs demandés.

- Souplesse des ouvrages, dans les zones affouillables surtout, le gabion par sa déformabilité est indiqué.
- Poids des ouvrages ; sans être profondément ancrés, des ouvrages en gabions constituent des obstacles solides aux écoulements très violents qui peuvent être de surcroît sporadiques ou inattendus (Oueds, Koris).

Avec des blocs de petite taille on peut constituer un gabion qui est un bloc monolithe aux dimensions plus appréciables.

- Perméabilité, lorsque les ouvrages peuvent ne pas être étanches ou ne doivent pas être étanches, le gabion est la solution la plus simple et la moins coûteuse.
- Rusticité, en l'absence de données de terrain complètes hydrologiques par exemple (et c'est très souvent le cas) il est logique de faire appel à ce matériau. tout surdimensionnement de l'ouvrage affecte le prix de revient.

II - DIFFERENTS TYPES D'OUVRAGES

a/ - Ouvrages d'exutoires

Aux exutoires naturels ou artificiels de banquettes à écoulement longitudinal, il s'agit de contribuer à la fixation du lit de ces exutoires et de protéger ses rives au débouché des banquettes.

On trouvera en annexe n°3 un dispositif d'aménagement d'exutoire préconisé au Maroc à FOUM MECHRA.

L'ouvrage comporte deux bajoyers en gabion adossés à une digue en terre qui est interrompue au droit de l'ouvrage. Les deux bajoyers reposent sur un radier en gabion semelle, ancré sur 50 cm.

On a posé sur cette semelle deux gabions non jointifs, placés dans l'axe de la digue et solidaire chacun d'un bajoyer de sorte qu'ils constituent une passe de sortie des eaux.

L'ensemble constitue un déversoir à deux niveaux

- au niveau du terrain naturel une petite ouverture (c),
- 50 cm plus haut, une ouverture plus grande (b), limitée latéralement aux bajoyers.

La totalité de l'ouvrage est en gabions, pour les raisons essentielles suivantes : pier-raille à proximité, grand nombre d'ouvrages, affouillabilité des ravineaux au droit desquels sont implantés les ouvrages.

Ces ouvrages sont situés dans l'axe des banquettes, mais il se peut qu'on ait à considérer le traitement du débouché en bout de digue ou en fin d'un canal de colature. Exemple : ouvrage de débouché, assainissement de la plaine des moatis (Annexe n°8).

De tels ouvrages situés aux extrémités d'émissaires ont pour but d'arrêter tout phénomène d'érosion régressive.

Sur la planche consignée en annexe on voit qu'ils sont constitués d'un gros mur formant parafouille et d'un tapis en gabion semelle à l'aval bloqué par un gabion cage.

C'est en fonction des caractéristiques du sol qu'on peut associer à ce gabion de butée des pieux (métalliques) battus obliquement comme l'indique la coupe BB.

On pourrait à la place du tapis en gabions semelle, préconiser des enrochements de protection, mais l'intérêt du gabion est dans le fait qu'on peut à partir de blocs de taille réduite, constituer une épaisseur notable de tapis de protection tout en conservant à l'ensemble une grande souplesse.

b/ - Seuils

Définition : on appellera seuils des ouvrages qui placés en travers de marigots, oueds ou Koris, permettent une correction de la pente du cours d'eau et ceci dans le but de réduire les vitesses d'écoulement en saison de pluies, ou au cours d'une tornade.

Rôle des seuils : on réalise une succession de seuils peu élevés, de façon à tronçonner le profil en long des thalwegs, en paliers à faible pente, sur lesquels les eaux auront tendance à décanter jusqu'à réalisation d'un profil moins abrupt.

Le rôle des seuils est multiple :

- réduction des vitesses d'écoulement
- stabilisation du profil en long
- protection éventuelle d'ouvrages situés en amont contre le déchaussement dû à l'érosion régressive.

Les valeurs qu'il convient de donner aux pentes artificielles dépendent de la nature des sols dans lesquels se creusent les thalwegs.

Le nombre de seuils est fonction de la pente, on peut remarquer que l'aménagement d'oueds par seuils correcteurs de pente, nécessite une très forte densité d'ouvrages dans les régions hautes des bassins versants où les pentes naturelles dépassent 20%. Cela situe la zone où il semble intéressant de rechercher les sites favorables à l'implantation des barrages écrêteurs, parce que l'extension de l'aménagement plus à l'amont se révèle coûteuse.

Règle générale

Lorsqu'il s'agira de corriger la pente de torrents, on prendra bien soin d'intervenir de l'amont vers l'aval - et ceci pour des raisons faciles à comprendre, en tête de bassins versants

les zones drainées sont réduites, les débits véhiculés sont inférieurs à ceux rencontrés à l'exutoire aval. Les aménagements de tête rendent plus maniables les débits à l'aval et par suite ont une conséquence directe sur le dimensionnement des seuils.

Mode d'exécution des ouvrages

La diversité des sols considérés sous l'angle de l'assise de fondation des ouvrages et sous celui des possibilités d'utilisation sur place détermine une gamme de matériaux .

- rochers en vrac ou arrimés
- maçonnerie de pierres sèches
- gabions métalliques
- terres plus ou moins argileuses

Les possibilités restreintes de mise en oeuvre de tels matériaux conduisent à s'écarter parfois des conditions théoriques requises pour le fonctionnement optimum des ouvrages : en particulier on est souvent obligé de ne pas dépasser certaines valeurs maxima pour les lames déversantes, afin de pouvoir limiter l'importance du dispositif de dissipation d'énergie au pied aval des seuils.

La perméabilité des massifs est favorable, dans la mesure où les débits d'infiltration n'ont pas une importance qui risque de compromettre la bonne tenue des ouvrages.

On peut constater sur des ouvrages très sommaires que le colmatage des massifs perméables s'effectue abondamment. Il est, par ailleurs, fonction du débit solide véhiculé.

Types d'ouvrages

1/ Seuils en enrochements

Selon leur hauteur et leur capacité de débit, la confection de massifs d'enrochement doit répondre à des conditions d'autant plus strictes que le service demandé à l'ouvrage est sévère.

La masse des blocs constitutifs joue un rôle important en particulier pour la partie des massifs directement en contact avec l'écoulement (talus et pied aval).

Ce type d'ouvrage est à recommander lorsqu'on dispose de gros blocs d'enrochement, pratiquement inutilisables pour des gabions.

Ces ouvrages en enrochement peuvent être déversants et le seront nécessairement lorsqu'ils seront implantés en zone haute de bassin versant (figure 86).

Dans de telles conditions, il faut envisager à l'aval un tapis de gabions semelle.

2/ Seuils en gabions

Les figures 87-88 montrent des exemples de seuils en gabion. Ceux-ci présentent l'avantage de réduire le volume des matériaux mis en oeuvre, de répondre à des formes plus géométriques et de s'adapter aux tassements des terrains d'assises.

En zone basse des bassins versants on trouve généralement des galets roulés ou des pierres de petite taille mais répondant aux normes requises pour la confection des gabions.

Ces ouvrages se composent essentiellement d'une série de gradins qu'on peut éventuellement incliner pour compenser la pente. En aménageant deux tranchées latérales sur les rives du marigot, on peut ancrer efficacement ces gradins.

Les seuils en gabions, comme il est indiqué figure 88, peuvent atteindre une hauteur de 3 mètres. Les différents niveaux sont en gabions semelle avec un seul étage en gabions cage. Cet ouvrage est très déformable. L'ensemble est perméable, ce qui limite la hauteur de la lame déversante qui peut atteindre 20 cm.

Au cas où elle serait supérieure à cette valeur, le dispositif parafouille serait allongé ou, à la limite de la zone de dissipation, remplacé par des enrochements.

3/ Seuils en maçonnerie de pierres sèches

Pour les ouvrages de faible hauteur (1,50) il est parfois économique de faire appel à ce matériau à condition de bien protéger l'ouvrage sur ses côtés et sur l'aval avec des gabions.

4/ Seuils en terre

En certains points de zone basse, il peut être avantageux de prévoir le seuil en matériaux terreux insubmersibles, flanqué d'un chenal évacuateur creusé dans une rive du thalweg ou dans l'axe d'écoulement. Dans tous les cas, ce chenal doit être protégé contre l'érosion par des parafouilles en maçonnerie de moellons ou de béton ou par des gabions.

c/ - Ouvrages écrêteurs

Un ouvrage écrêteur est en principe un barrage créant une retenue tampon qui se vide selon la loi de débit de l'organe évacuateur.

Le but est de limiter les dégâts des eaux sauvages à l'aval et de disposer de débits plus facilement maniables pour faire de l'épandage dans les plaines.

L'organe évacuateur peut être soit un orifice calibré situé au pied du barrage, soit un évacuateur de surface, c'est-à-dire un déversoir correctement dimensionné.

Lorsque l'évacuateur est un pertuis, le laminage de la crue est, en fonction de la capacité de surcharge de cet évacuateur, dû à l'emmagasinement d'un certain volume d'eau dans la cuvette de retenue.

Ce système est valable dans le cas d'eaux peu chargées ne risquant pas de colmater la cuvette. Il doit donc être réservé à l'aménagement de collecteurs qui drainent des versants intégralement traités par les méthodes de conservation des eaux et du sol.

La hauteur du barrage et le diamètre de l'orifice résulteront d'un compromis faisant intervenir les différentes possibilités de la cuvette et du thalweg.

Il est d'ailleurs important de ménager en outre un évacuateur superficiel susceptible de fonctionner sous l'effet de précipitations, exceptionnellement prolongées ou de tornades provoquant des débits de crue supérieure à ceux prévus.

Si les ouvrages écrêteurs doivent être implantés dans des bassins versants non traités, et c'est souvent le cas, et susceptibles de fournir d'importants apports solides, il semble préférable de ne pas prévoir de pertuis en pied de barrage en acceptant a priori l'élévation complète de la cuvette de retenue et de faire appel uniquement à la capacité de surcharge des évacuateurs de surface pour laminer la crue.

Un tel dispositif peut paraître moins efficace puisque le volume d'eau momentanément retenu est égal à la surélévation correspondant à la mise en charge du déversoir, et qu'au point de vue débit, un évacuateur de surface ne se sature pas, mais il présente le double avantage de fonctionner être rustique et sûr.

Avantages des ouvrages en gabions

En dehors des raisons couramment signalées, proximité de matériaux, déformabilité des semelles, etc..., il est important d'insister sur la nécessité de réaliser ces ouvrages en gabions pour la raison suivante. En matière d'hydrologie - là où les besoins d'aménagement sont les plus pressants, parce qu'il faut enrayer une dégradation galopante - on dispose généralement de peu ou pas de données.

L'estimation des débits, et en particulier les débits de crue décennale, sont estimés à partir de formules qu'on peut discuter si on le désire. On a recours à des abaques qui, en fonction de la pente et du coefficient de ruissellement, donnent un temps de concentration et des débits de pointe. Mais les coefficients de ruissellement sont issus d'une aptitude au ruissellement que seul l'observateur sur le terrain, et compte-tenu de son expérience, peut apprécier.

Le résultat est que les débits sont toujours donnés par excès et qu'il faut prévoir des marges de sécurité qui obligent le projeteur à surdimensionner un ouvrage. Avec les gabions, on peut se permettre de voir grand parce que, à dimensionnement égal, un ouvrage en gabions est moins cher que tout autre matériau, et qu'on peut ainsi se mettre à l'abri de toute surprise.

Caractéristiques des ouvrages écrêteurs en gabions

Généralement, la hauteur d'un tel ouvrage ne dépasse pas 3 mètres (hauteur à l'amont à partir du terrain naturel), on peut, au maximum, donner au barrage une hauteur de 4 mètres.

CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL

Seuils correcteurs de pente et barrages déversoirs

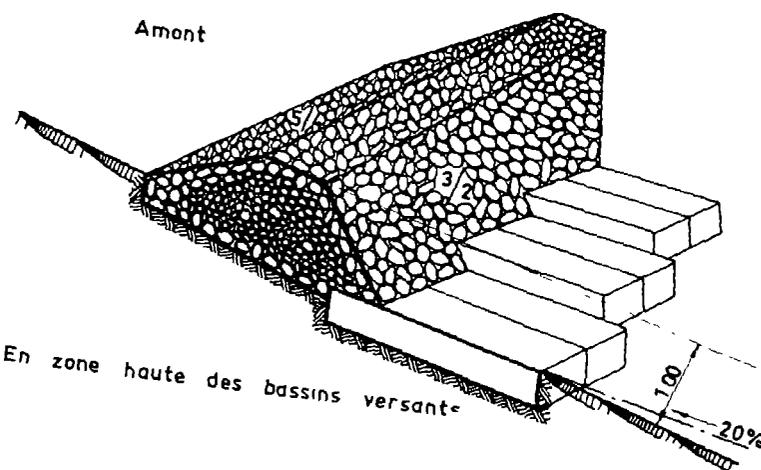


Fig-86 En zone haute des bassins versants

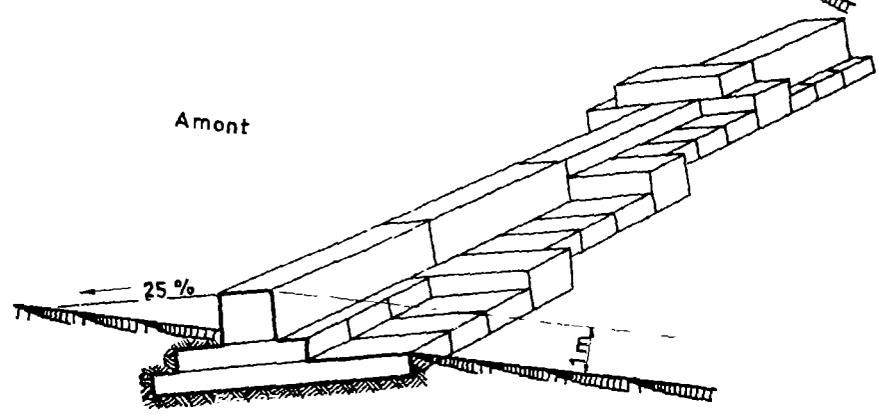


Fig-87 En zone basse des bassins versants

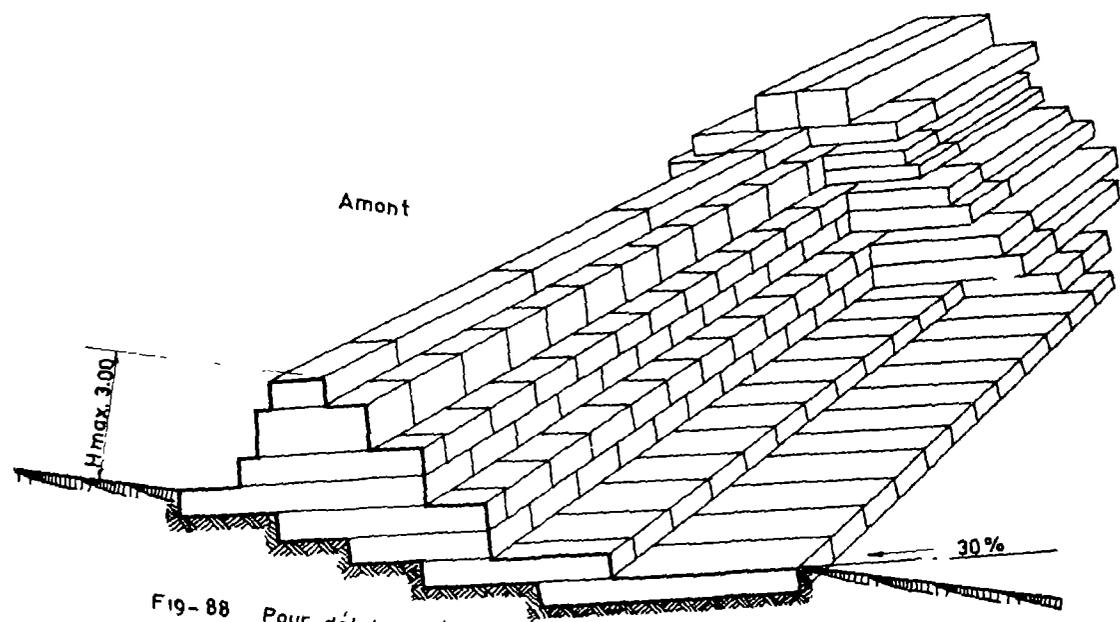


Fig-88 Pour débits linéaires faibles . épaisseur maximum de lame 0.20 m

CONSERVATION DES EAUX ET DU SOL

Ouvrages écrêteurs

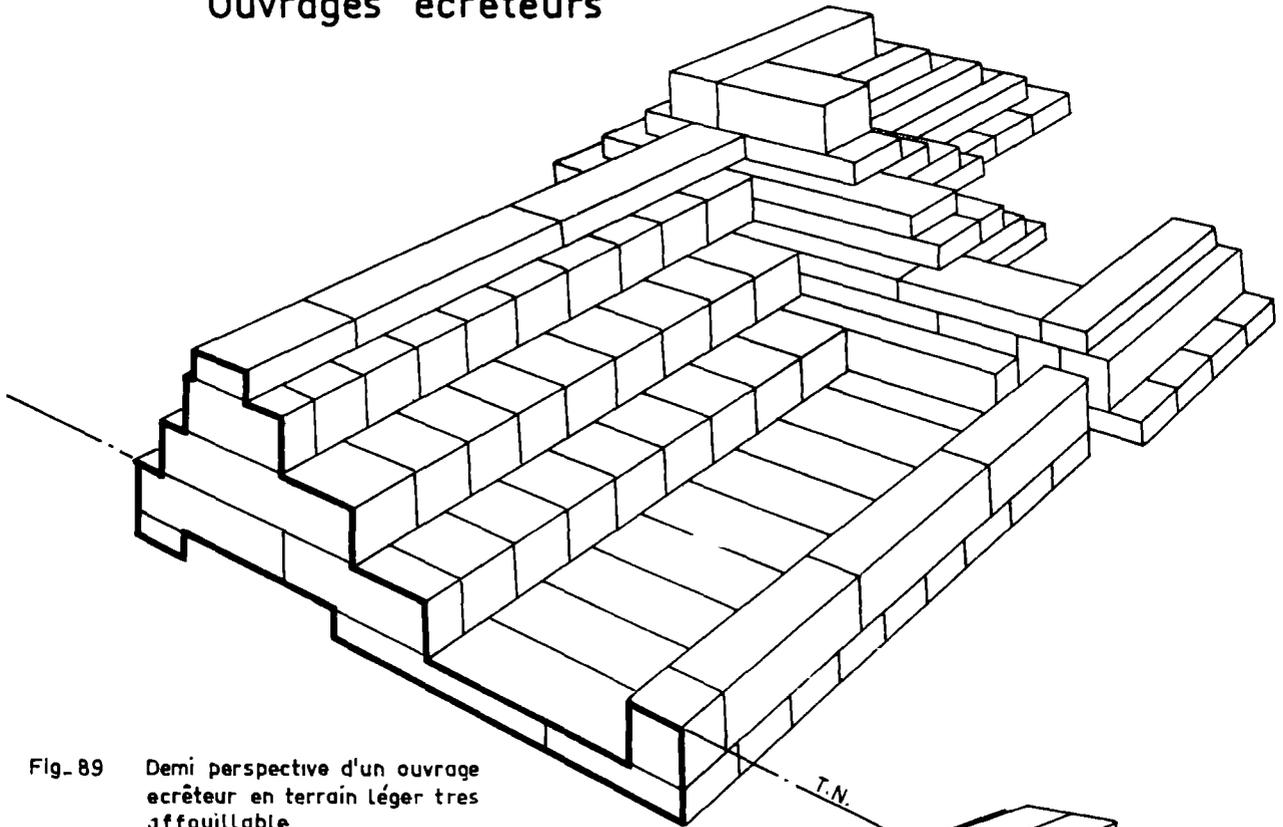


Fig-89 Demi perspective d'un ouvrage
écrêteur en terrain léger très
affouillable

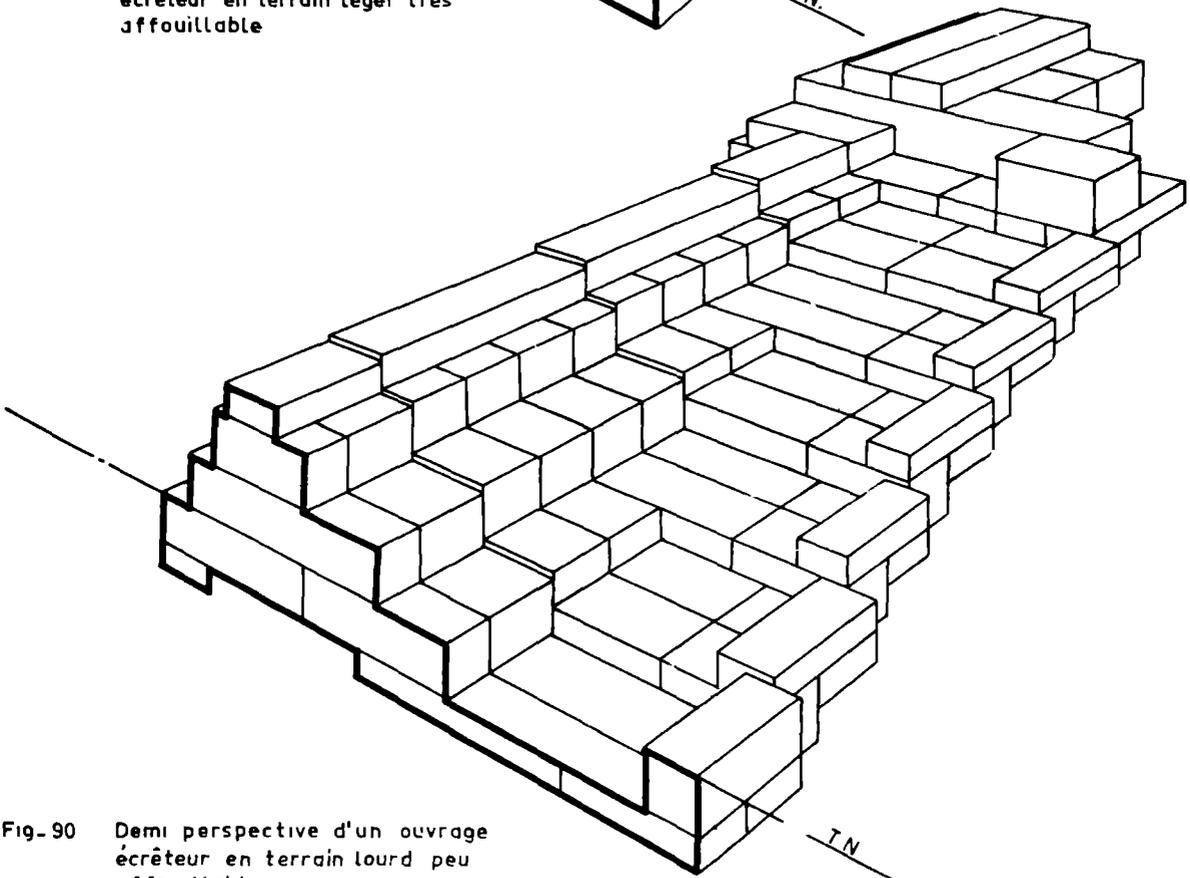


Fig-90 Demi perspective d'un ouvrage
écrêteur en terrain lourd peu
affouillable

Pour le dimensionnement du corps de l'ouvrage, on se reportera utilement en fin de volume où sont consignées les formules relatives au dimensionnement des barrages poids mais qui peuvent être appliquées aux barrages écrêteurs.

En ce qui concerne l'évacuateur de surface, on se fixera pour des débits linéaires importants, une hauteur de lame déversante comprise entre 0,35 m et 0,60 m.

Types d'ouvrages en gabions

Deux ouvrages types sont présentés ici, leur forme résulte de la forme de la vallée et de la nature des sols, des modifications peuvent évidemment être apportées tout en respectant les caractéristiques d'ensemble :

- a/ en terrain léger et affouillable, l'ouvrage écrêteur a un bassin de dissipation dont la largeur est égale à la longueur du déversoir. Il est limité sur ses côtés par deux murs en retour qui s'encastrent dans le talus. Ce dispositif qui ressemble à une culée confère une grande stabilité à l'ouvrage, (figure 89).
- b/ en terrain lourd et peu affouillable, (figure 90), le bassin de dissipation suit le terrain naturel et les déblais sont peu volumineux, contrairement au premier cas.

d/ Ouvrages de réalimentation de nappe

Ces ouvrages sont, en somme, une variante des ouvrages écrêteurs, par le blocage d'apports liquides et lorsque l'infiltration verticale des eaux s'opère, on assiste à une mise en charge de la nappe phréatique et à une suralimentation de celle-ci. Il faut évidemment veiller à réduire les pertes par infiltration au travers du corps de barrage.

Ces infiltrations peuvent se réduire d'elles-mêmes par le colmatage des gabions, ou bien on peut inclure un noyau étanche dans le corps de l'ouvrage. Il est à signaler que ce type d'ouvrage est assez rare tout en étant considéré comme un aménagement de défense et restauration des sols.

Un tel ouvrage sera dimensionné comme un barrage poids et l'utilisation du gabion s'imposera pour les mêmes raisons que celles signalées pour les ouvrages écrêteurs.

e/ Ouvrages de captages de matériaux charriés

On peut rapprocher ces ouvrages aux seuils correcteurs de pente, ils sont situés en amont des ouvrages écrêteurs ou des ouvrages de réalimentation de nappe. Leur but est d'éviter un colmatage rapide des cuvettes de retenue, c'est-à-dire d'éviter le rehaussement du terrain naturel, ce qui aurait pour conséquence de redimensionner les ouvrages. Ces seuils pour l'arrêt des matériaux charriés, troncs, galets, ou sables doivent être entretenus si on ne veut le voir disparaître sous les apports solides du cours d'eau.

f/ Protection de rives et murs de soutènement

Les travaux qui visent à protéger ou fixer des talus rentrent évidemment dans le cadre des aménagements de conservation des eaux et du sol ; mais il a été préférable de les traiter à part.

B - EPANDAGE D'EAU DE CRUE

1 - Prises sur cours d'eau

En matière d'épandage d'eau de crue et lorsqu'il s'agit dans le cadre d'un aménagement rustique de récupérer une crue ou de prélever un certain débit pendant une période relativement courte, on peut envisager l'utilisation du gabion pour les prises sur cours d'eau. Ces prises sont, en fait, des chenaux creusés dans la berge du marigot suivant une certaine direction et généralement perpendiculairement au marigot. Un tel chenal nécessite une protection du moins dans sa partie la plus proche du cours d'eau, et une section calibrée convenablement et d'une façon permanente. Ceci peut être parfaitement réalisé par le gabion qui, disposé suivant des bajoyers adossés contre les talus verticaux repose sur des gabions formant radier.

L'ensemble a une configuration nette, un profil rectangulaire répondant à des caractéristiques hydrauliques et assurant en même temps la protection de l'entrée du chenal contre la violence des écoulements du marigot.

On peut associer à l'ensemble un seuil en gabion situé en travers du marigot et dans l'axe du chenal de prise. Ce seuil aura pour but de rehausser le plan d'eau : une petite crue pourra être ainsi récupérée.

Le gabion présente, en dehors des qualités déjà énumérées, d'être robuste et de constituer un matériau bon marché ce qui, dans le cas d'un aménagement rustique, se justifie.

2 - Déversement sur digues

On rencontre également en matière d'épandage de crue des ouvrages de déversement par les ouvertures des digues de rétention. Ce type d'ouvrage est à rapprocher de celui présenté en annexe et étudié pour l'aménagement de FOUM MECHRA. En fait, il s'agit de protéger les interruptions de la crête d'une digue de rétention, ces interruptions constituant des arroseurs d'épandage à partir d'un dispositif de stockage.

C - BARRAGES DE RETENUE

En dehors des barrages de montagne (écrêteurs ou non) où tout le corps de l'ouvrage peut être édifié en gabions, on connaît peu de dispositifs de retenue où l'on fait appel exclusivement à ce matériau.

La perméabilité du gabion limite son choix. "Palvis" signale dans le Sud Algérien à quelques kilomètres de LAGOUAT et plus exactement à EL FATAH, un barrage où le déversoir en gabions couvre une longueur de 400 mètres. La documentation FORTEX rapporte un ouvrage analogue en IRAN.

On admet actuellement que le gabion peut constituer un excellent revêtement à l'aval de barrage en terre compacté et par une disposition classique en gradins, permettre l'exécution du déversoir et du bassin de dissipation dans le cas d'ouvrages déversants. Cet emploi que l'expérience a consacré, a été généralisé en AFRIQUE.

Description d'ouvrage de retenue avec dispositif en gabion

Il est présenté en annexe le barrage de retenue de SANGARAFI réalisé en MAURITANIE en 1961 parmi d'autres.

Dans ce cas particulier sont réalisés en gabions le déversoir, le bassin de dissipation et le bajoyer de rive droite.

D'une façon plus générale, les parties qui dans un barrage en terre peuvent être faites en gabions sont le déversoir et le bassin de dissipation, un des deux bajoyers qui limitent latéralement le déversoir, si l'ouvrage de vidange est en béton.

Le barrage déversoir est une digue à zone comprenant un noyau étanche dans sa partie centrale, au droit du déversoir, une nervure bétonnée en crête sert de parafouille aux protections aval et des recharges en rag forment des couches filtrantes. Sur ce matériau perméable sont disposés en gradins les gabions qui se prolongent vers l'aval en bassin de dissipation.

Le bajoyer de rive droite également en gabions assure la liaison entre la digue en terre et les protections aval. Il est revêtu d'une couche de mortier de ciment.

Avantages du gabion

On a voulu dans cet ouvrage, conférer à l'ensemble une certaine souplesse et perméabilité, tout en assurant la protection du parement aval de la digue au droit de l'évacuateur.

La recherche de la souplesse est motivée par le fait que ce barrage ne repose pas directement sur une assise rocheuse, mais sur du sable et que les lignes de fuites sous l'ouvrage - dont on a tenu compte - peuvent être à l'origine d'un tassement du terrain.

D'autres barrages édiés en MAURITANIE suivant ce même principe, ont montré qu'à la suite de légers tassements, le gabion par sa déformabilité s'affaissait en suivant le terrain naturel sans mettre en péril l'unité du barrage.

Par ailleurs, le gabion comme on l'a déjà dit est perméable. Dans un barrage en terre, les infiltrations dans le corps de l'ouvrage peuvent créer des renardages. Le gabion joue donc un rôle de drains collecteurs. Un bajoyer étant ainsi mis au contact des couches filtrantes sur lesquelles repose le déversoir permet l'évacuation des eaux infiltrées.

La description présentée en annexe, précise ces différents points.

ETABLISSEMENT D'UN CAHIER DES CHARGES TYPE

BIBLIOGRAPHIE

- Normes AFNOR NF A 91-131
NF A 91-121
NF A 55-101
- Cahier des Charges SOGETHA
- Cahier des Charges PALVIS

SPECIFICATIONS TECHNIQUES11 - Généralités sur les gabions

111 - Les gabions sont constitués par des cages en grillage galvanisé ayant la forme de parallélépipède rectangle, sauf formes particulières.
Les mailles sont hexagonales et à double torsion.

112 - Les gabions sont définis par les éléments suivants

1° - Longueur, largeur et hauteur.

Les hauteurs sont de 1 mètre sauf dans le cas de gabions semelles. La hauteur est dans ce dernier cas de 0,50 m.

2° - Diamètre en mm du fil d'après la Jauge de Paris.

3° - Dimensions d et D des mailles - d étant la distance entre les deux côtés parallèles de l'hexagone. D la distance entre les deux sommets des deux angles aigus.

4° - Poids des gabions et nombre par fardeau (éventuellement).

A défaut d'indications particulières sur les dimensions des mailles et le diamètre du fil, celui-ci sera du n° 17 de la Jauge de Paris, c'est-à-dire un diamètre égal à 3 mm (tolérance + 2%), et les dimensions des mailles double torsion seront 100/120 (tolérance + 5%).

Les poids des gabions s'établissent sur la base de 1,4 kg/m². Tolérance 5%. La même tolérance est admise pour les dimensions.

113 - Sauf mention spéciale explicitée dans la commande, le fil pour ligatures et tirants ne fait pas partie de la fourniture des gabions. Dans le cas où la fourniture de ce fil est demandée, il doit être identique (même diamètre, même qualité) au fil constituant les gabions.

Le poids de ce fil est évalué par gabion à 7,5% du poids de celui-ci.

12 - Qualité du fil

Le fil de fer galvanisé entrant dans la fabrication des gabions, ou fourni en vue de la confection des ligatures et tirants doit satisfaire aux conditions et essais suivants.

121 - Provenance

Le fil est en acier doux et recuit de la meilleure qualité, exempt de pailles ou de tout autre défaut, obtenu par tréfilage continu et à froid.

122 - Essai de traction

Le fil doit présenter à la traction une résistance de 42 kg/mm² au minimum, et un allongement à la rupture de 10% au minimum mesuré sur une éprouvette de 100 mm environ.

123 - Essai de flexion

Pris dans un étai dont les mâchoires présentent un arrondi, dont le rayon est égal à deux fois le diamètre du fil, le fil doit pouvoir supporter sans se rompre, 10 pliage à angle droit alternativement dans un sens et dans l'autre.

La première flexion s'obtient en plaçant le fil dans le prolongement du plan de serrage et en le courbant sur la face supérieure de l'une des mâchoires d'un angle de 90°. Les neuf autres correspondant chacune à un angle de 90°, sont comptées successivement à partir de la position occupée par le fil après la première flexion.

Les flexions sont toutes faites dans le même plan.

13 - Qualité du revêtement en zinc

Les fils sont galvanisés à chaud au zinc pur tel qu'il est défini dans la norme AFNOR NF A 55-101.

131 - Examen du revêtement

Le revêtement doit être homogène et sans aucune discontinuité. L'examen superficiel à l'oeil nu ne devra pas révéler d'absences ou de surcharges de zinc.

Il est toutefois admis que la surface des revêtements à chaud ne soit pas parfaitement uniforme ni exempte de petites irrégularités locales qui ne diminuent en rien la qualité du revêtement.

132 - Contrôle d'adhérence du zinc

Le fil doit pouvoir s'enrouler sur un cylindre d'un diamètre égal à deux fois la valeur du sien sans que la couche de zinc se fendille ou se détache.

La vitesse d'enroulement est uniforme et ne doit pas dépasser 15 tours/minute, pour éviter tout échauffement du revêtement.

Les spires sont au pas du diamètre du cylindre d'enroulement et elles sont au moins au nombre de 10.

133 - Essai de torsion

Des échantillons de fil de 20 cm de longueur devront supporter sans se rompre et sans que le zinc ne s'écaille, 30 tours complets de torsion (360° pour chaque tour) l'axe du fil restant en ligne droite.

134 - Essais chimiques

1341 - Contrôle de la masse de zinc par unité de surface. Ce contrôle signifié expressément dans le cahier des charges devra suivre les méthodes rapportées aux normes :

NF A 19-121 pour la méthode pondérale ou
NF A 19-131 pour la méthode gazométrique.

La charge minimale de zinc en gr/dm² doit être de 1,05.

1342 - Contrôle de la continuité du revêtement.

Le fil doit supporter sans que le fer soit mis, même partiellement, c'est-à-dire sans cuivrage

- une immersion de 60 secondes si c'est de l'acier doux
- deux immersions de 60 secondes si c'est de l'acier dur retraits après galvanisation.

Dans une solution neuve de sulfate de cuivre préparée à partir de sulfate de cuivre pur cristallisé (SO₄ Cu, 5 H₂O) à raison de 314 gr. de sel ajoutés dans un litre d'eau distillée, ce qui correspond à un dosage de 275 gr. de sel par litre de solution.

La densité de cette solution doit être de 1,17 ± 0,002 à la température de 20°C ± 2°C.

L'immersion se fera sans agitation.

La solution utilisée sera renouvelée chaque fois que la série des essais effectués aura conduit à une dissociation maximale de 5 gr. de Zn par litre de réactif.

La solution est employée dans un vase en verre d'une capacité d'au moins trois litres par décimètre carré de surface immergée.

Après chaque immersion, le fil essuyé est lavé à grande eau et, le cuivre déposé mais non adhérent, enlevé par frottement léger avec du coton hydrophile.

14 - Conditionnement

Les gabions en paquets compressés ou non de 5 ou 10 sont réunis en fardeaux par des ligatures en fil galvanisé d'un diamètre au moins égal à 4,4 mm (n°20).

Le nombre de paquets par fardeau est à préciser dans la commande.

A défaut d'indication, le poids d'un fardeau restera compris entre 250 et 500 kg.

15 - Etiquetage

A chaque gabion et à chaque rouleau de fil de ligature, est attachée une étiquette en tôle galvanisée ou étamée sur les deux faces et ayant les indications suivantes :

- Indicatif du fournisseur
- Longueur, largeur, hauteur du gabion ou de la semelle
- Numéro du lot de recette dans une série continue renouvelée au 1er janvier de chaque année
- Deux derniers chiffres de l'année de fabrication.

Les fournitures et le marquage des vignettes sont à la charge du fournisseur.

- 151 - Dans le cas d'expédition Outre-Mer, les fardeaux sont munis d'une étiquette "Exportation" en tôle ou en bois portant à la peinture indélébile, les indications nécessaires à l'identification et au transport du matériel.

Les vignettes sont à la charge du fournisseur.

CONDITIONS DE RECEPTION

21 - Généralités

- 211 - Les gabions sont présentés par lots de 200 à 300.

- 212 - Les opérations de réception comportent par lot .

Une vérification d'ensemble du matériel, effectuée sur 10 gabions au moins pris dans 3 fardeaux différents et portant sur .

- les dimensions et poids des gabions
- le diamètre du fil
- les dimensions des mailles
- la qualité des fils
- le conditionnement
- l'étiquetage .

Les essais 12 et 13 sont exécutés sur des éprouvettes prélevées selon l'article 22.

L'essai de traction porte au moins sur trois parties rectilignes de fil de 3 éprouvettes de gabions différents.

L'essai de flexion porte sur au moins trois parties rectilignes de fil des 3 éprouvettes de gabions précédents.

L'essai d'adhérence du zinc doit porter sur au moins 3 parties rectilignes de fil des 3 éprouvettes précédentes.

Les essais chimiques portent au moins sur 5 parties rectilignes de fil de 2 éprouvettes de gabion, différentes des 3 éprouvettes précédentes.

22 - Prélèvements des éprouvettes

- 221 - Sauf prescriptions contraires, tous les contrôles seront effectués chez le fabricant qui fournira au client ou à son représentant toutes facilités pour l'exécution des essais prévus.
- 222 - Dans le cas d'exportation Outre-Mer, les essais auront lieu si le fournisseur n'a pas d'installations sur place, dans un laboratoire technique agréé par le Maître de l'Oeuvre.
- 223 - Prélèvement sur fil de ligature

Le client désignera les couronnes de fils sur lesquelles seront prélevés les échantillons nécessaires aux essais. A moins de convention particulière, le nombre de couronnes désignées sera égal à $T/2 d$. T désignant le tonnage de la commande exprimé en tonnes et d désignant le diamètre du fil exprimé en millimètres.

Il est toutefois convenu que ce nombre de couronnes désignées ne pourra être inférieur à 5.

Un échantillon de longueur suffisante (3 mètres) pour effectuer tous les essais stipulés sera coupé à l'une des extrémités de chacune des couronnes désignées. Dans le cas où l'extrémité d'une couronne sera endommagée, quelques mètres de chute seront admis avant prélèvement des éprouvettes. Celles-ci ne devront présenter aucune déformation autre que l'incurvation résultant de leur mise en couronne. Les éprouvettes porteront une étiquette avec inscription du numéro du lot et seront enveloppées soigneusement au moyen de bandes de jutes enroulées en spirale, de façon à éviter toute détérioration par choc ou frottement en cours de transport. Ainsi conditionnées, les éprouvettes seront acheminées vers le laboratoire.

- 224 - Eprouvettes de gabions : elles sont prélevées à l'intérieur des fardeaux désignés et vers la partie médiane des faces rectilignes d'un gabion choisi dans le milieu du fardeau.

Chaque éprouvette comprend au moins trois torsades de mailles voisines avec toute la longueur des piles rectilignes qui les rattachent entre elles et des piles rectilignes qui les rattachent au reste du gabion. Les piles sont coupées à la pince coupante et l'éprouvette est détachée du gabion sans qu'il soit exercé aucun effort de traction, de pliage ou de torsion.

Dans le cas d'essais à effectuer en dehors des usines du fournisseur, ces éprouvettes sont emballées à plat, séparées entre elles par deux épaisseurs de jute et protégées extérieurement par deux planchettes de 12 mm d'épaisseur. Chaque paquet est soigneusement enveloppé de jute dans les mêmes conditions que les échantillons de fil de ligature et porte le même étiquetage que ceux-ci.

- 225 - Les prélèvements 223 et 224 étant faits en présence du fournisseur, celui-ci ne pourra invoquer dans les résultats d'essais, le défaut de précaution ayant entraîné l'altération du revêtement de zinc.

PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats sont consignés dans un procès-verbal, qui doit faire état :

a/ - en ce qui concerne l'aspect extérieur des paquets .

- des dimensions et poids des gabions
- des diamètres des fils
- des dimensions des mailles

b/ - en ce qui concerne les essais .

- du nombre de pliages nécessaires à la rupture (essais de flexion)
- du nombre de fissures ou craquelures constatées (essais d'enroulement)
- du numéro d'ordre de l'immersion après laquelle s'est produite la mise à nu (si l'on effectue plusieurs immersions) (essais chimiques).

Le lot sera accepté si la vérification d'ensemble et tous les essais (épreuves et contre épreuves) sont satisfaits aux termes du présent document , dans le cas contraire, il sera refusé.

La marque de réception sera apposée sur la vignette d'identification fixée sur chaque gabion (Article 15).

La marque de refus, s'il y a lieu, sera apposée sur un plomb fixé à l'une des ligatures de chaque fardeau de gabions constituant le lot refusé. Les gabions refusés seront conservés par le fournisseur jusqu'à l'achèvement de la commande. Ils devront être présentés à tout moment sur réquisition du Maître d'Oeuvre.

La fourniture des plombs est à la charge du fournisseur.

MISE EN OEUVRE

Les gabions ne pourront être mis en place qu'après notification à l'entrepreneur de l'acceptation de la qualité des treillis métalliques.

Le gabion reçu à pied d'oeuvre sera au moment de son utilisation, déplié de façon que toutes ses faces reposent à plat sur le sol. Les quatre faces latérales seront relevées pour former une caisse dont le couvercle restera ouvert, puis le gabion sera ainsi posé sur l'emplacement définitif qu'il devra occuper.

Si ce gabion doit être juxtaposé à d'autres déjà en place, ses faces de contact avec ces derniers seront parfaitement appliquées contre les gabions voisins ; on utilise à cet effet un maillet de bois.

Les quatre arêtes verticales seront cousues avec le fil de fer galvanisé (défini à l'article 12) ; pour les gabions en contact les uns avec les autres, les coutures des arêtes des gabions en cours de montage se feront en englobant les arêtes des gabions déjà en place. Les arêtes horizontales des gabions en contact, y compris l'arête d'articulation du couvercle du gabion en cours de pose, seront ligaturées ensemble avant tout commencement de remplissage de ce gabion.

Toutes les coutures ou ligatures seront faites en utilisant un fil de fer galvanisé, parfaitement tendu en effectuant au moins un tour complet de l'arête à ligaturer par longueur de maille de gabion.

L'utilisation de pince ou tenaille pour obtenir la tension du fil de ligature est formellement prohibée , cette tension sera obtenue par traction sur une petite barre de bois ou d'acier sur laquelle aura été enroulé l'extrémité libre du fil.

Enfin, les gabions seront soigneusement contreventés :

- avant remplissage par la mise en place des tirants verticaux,
- pendant le remplissage par la mise en place des tirants horizontaux et des tirants d'angle.

Remplissage

En cours de remplissage, on donnera une forme rigide aux faces verticales libres du treillis en disposant le long des arêtes verticales, non reliées à des gabions en place, des piquets qui auront pour but d'assurer une tension parfaite des faces libres.

Le remplissage du gabion s'effectuera à la main en rangeant sommairement les pierres les plus grosses le long des parois des treillis (Cf. Chapitre Matériaux, montage et pose).

Les dernières rangées de pierres seront disposées de telle sorte que la surface supérieure soit bien dans le plan des arêtes supérieures des gabions (tolérance admise + 3%).

Au cas où il se trouverait à l'intérieur du gabion, une pierre ne présentant pas les qualités requises (chapitre Matériaux), l'Ingénieur Directeur des Travaux ou son représentant, sera en droit d'exiger qu'il soit entièrement vidé et regarni de pierres, le tout aux frais exclusifs de l'Entrepreneur.

Après achèvement du remplissage du gabion, les piquets d'angle seront retirés et le couvercle sera rabattu. Les trois arêtes libres du couvercle seront, à l'aide d'un levier de fer, tordues avec les arêtes des pièces latérales correspondantes. Cette torsion sera faite tous les 20 ou 25 cm et chaque opération sera faite de façon que les arêtes fassent au moins quatre tours complets l'une sur l'autre.

La fermeture sera complétée par une couture des trois arêtes supérieures. On se dispensera de coudre les arêtes libres destinées à être ligaturées avec les gabions à leur juxtaposer.

VILLE DE SIDI ALI NASR ALLAH
EN TUNISIE

PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

barrage de dérivation

d'après

avant-projet: SOGETHA-TUNIS 1961

EXEMPLE D'AMENAGEMENT

La ville de SIDI ALI NASR ALLAH étant sous la menace des crues des oueds KHARROUBA et SAFHA qui descendent du djebel CHERAHINE, des dispositions de protection ont été adoptées.

Elles consistent :

- 1° - à dévier le flot des crues par un canal situé en amont de la ville et qui relie les oueds cités à l'oued KIRCH.
- 2° - à arrêter les écoulements par l'implantation de deux barrages aux pieds desquels côté amont file le canal.

Les barrages sont ainsi destinés par leur masse à résister à la poussée de l'eau et par les gabions disposés à leur base à jouer le rôle de déflecteur des filets liquides.

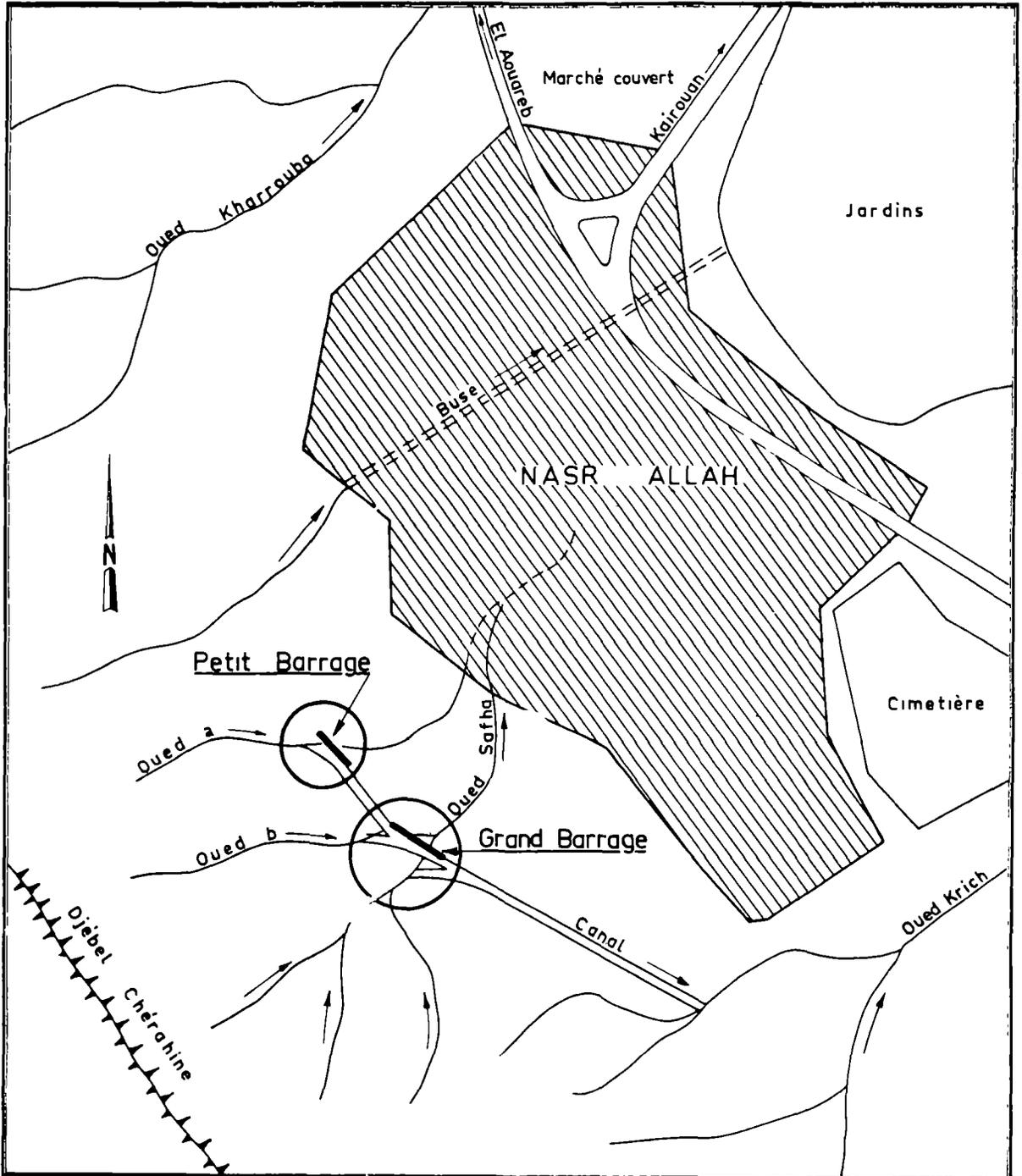
L'étanchéité n'a pas été recherchée et des percolations peuvent se produire pendant la très courte durée des crues sans aucun inconvénient en pratique. En outre, on peut s'attendre à un colmatage progressif des gabions et enrochement par des matériaux déposés à l'amont du barrage à la fin des crues.

L'originalité du grand barrage réside dans la disposition des gabions en épis courts qui permettent l'orientation du flot.

SIDI ALI NASR ALLAH

PLAN DE SITUATION

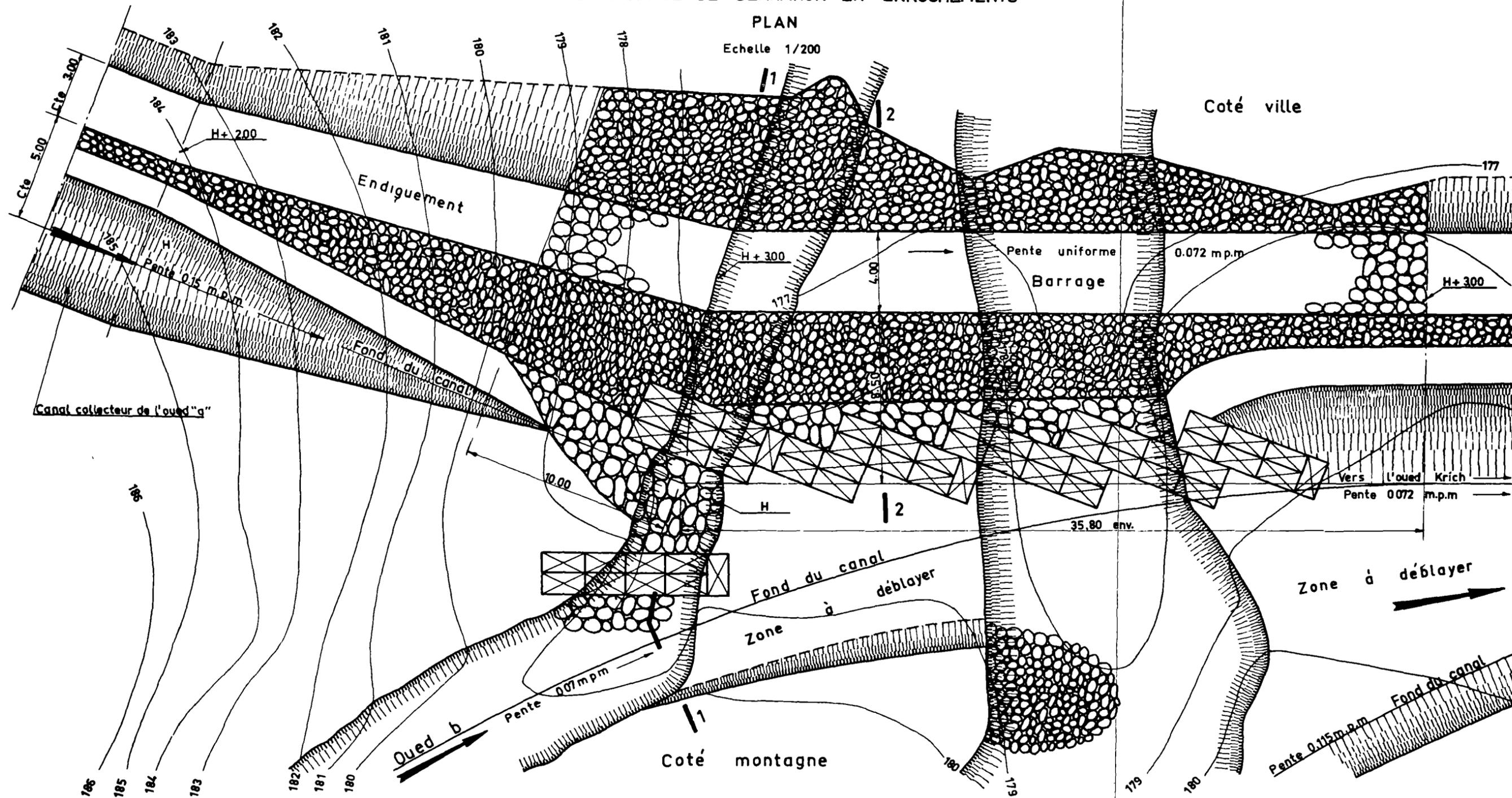
Echelle approximative 1/5000



GRAND BARRAGE DE DERIVATION EN ENROCHEMENTS

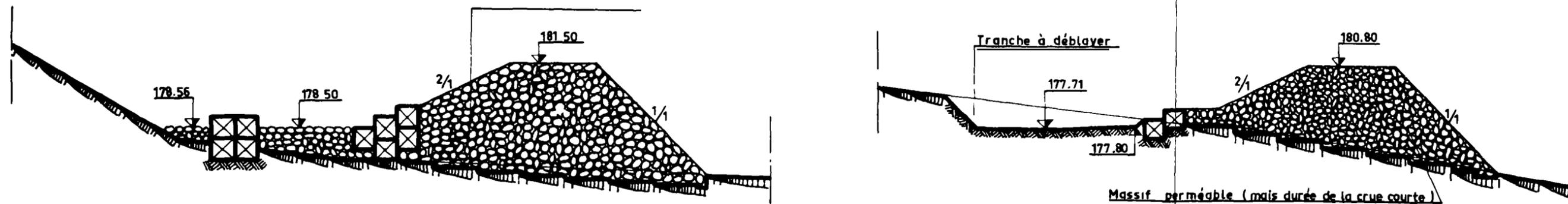
PLAN

Echelle 1/200



PROFILS EN TRAVERS

Echelle 1/200



Massif perméable (mais durée de la crue courte)

ETUDE D' UN PROGRAMME D' AMENAGEMENT
DU BASSIN DE L' OUED FOUM MECHRA
AU MAROC

AMENAGEMENT DU SOL

seuils et exutoires

d' après
rapport SOGETIM_RABAT 1959

SEUILS ET EXUTOIRES

Evacuation des eaux

Les exutoires en gabions sont situés dans l'axe d'une digue de retenue et au droit de dépressions naturelles.

Le petit déversoir, de largeur a , est arasé au niveau du terrain naturel. Son rôle est de ressuyer les terres situées en amont.

Le grand déversoir, de largeur b , est à 0,50 m au-dessus du terrain naturel. Son rôle est de libérer une fraction de débit à partir du moment où la tranche d'eau derrière la digue dépasse 0,50 m.

a et b sont fonction des apports et des débits à libérer.

Seuil correcteur de pente

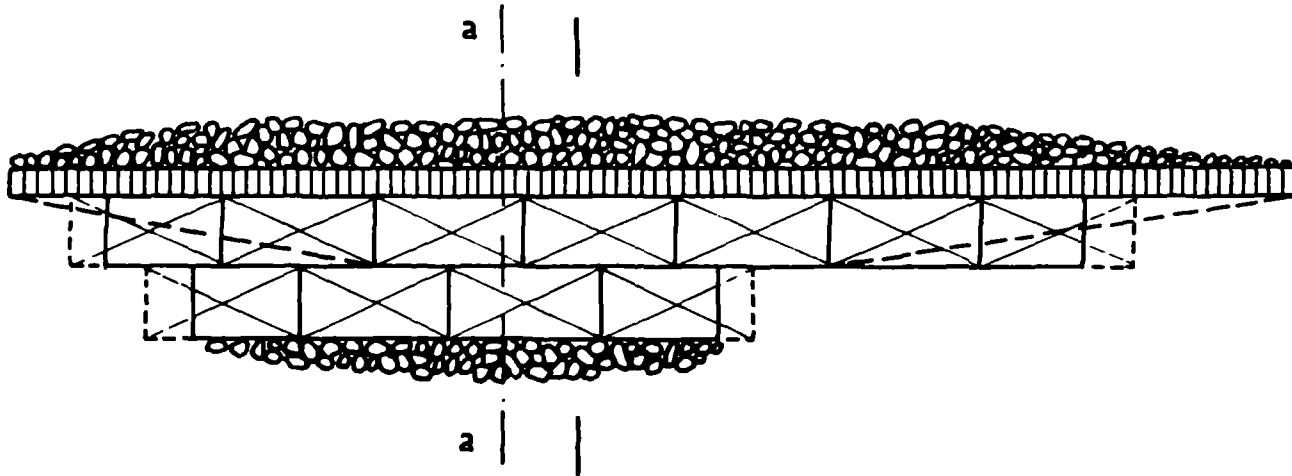
Solution mixte béton-gabion.

La roche mère étant à faible profondeur, il est préférable d'ancrer un massif en béton.

SEUIL CORRECTEUR DE LA PENTE DES OUEDS
A L'INTERIEUR DU BASSIN VERSANT

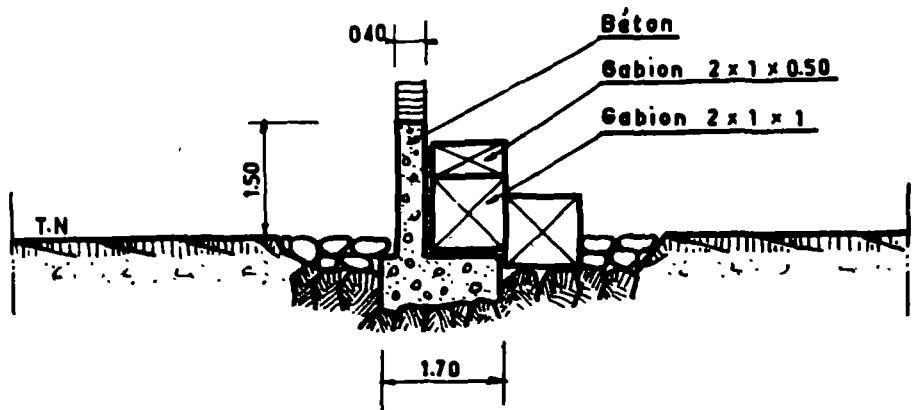
PLAN

Echelle 1 / 100



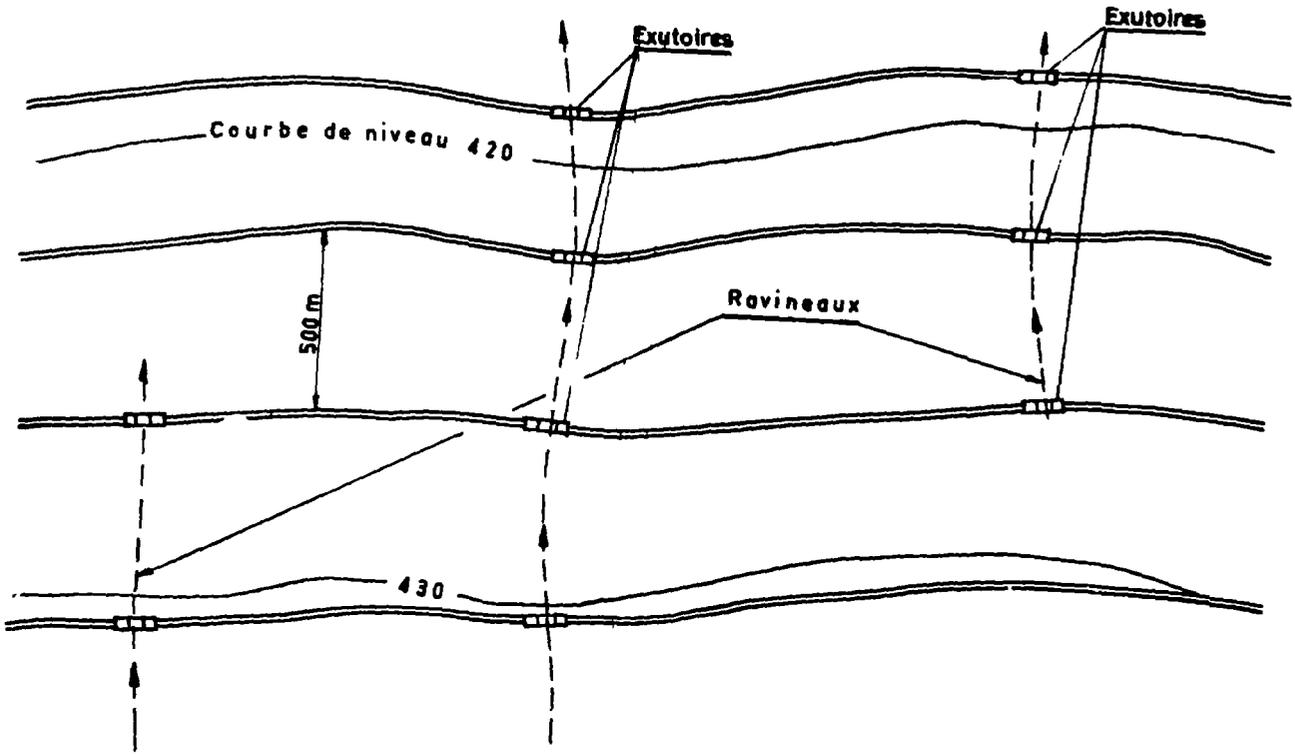
COUPE a.a

Echelle 1 / 100



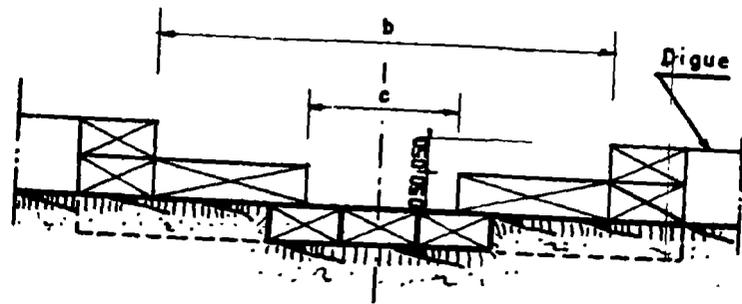
EXUTOIRES

Schéma du dispositif d'aménagement



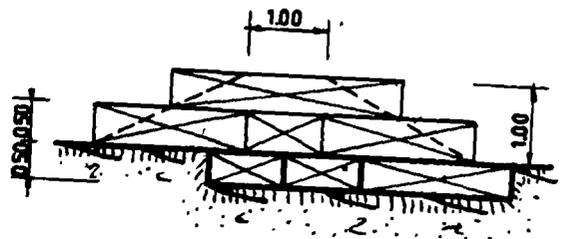
Vue de l'aval b et c varient en fonction de l'importance du débit des eaux s'écoulant dans les ravineaux.

Echelle 1 / 100



Coupe a.a

Echelle 1 / 100



MISSION D'ETUDES HYDRO-AGRIQUES
EN MAURITANIE

BARRAGES AGRICOLES

barrage de sangarafa

d'après
projet SOGETHA - PARIS 1959

BARRAGE DE SANGARAFI (Mauritanie)

Le gabion trouve sa place dans de petits barrages en terre lorsque les terrains d'assise sont sujets à des tassements plus ou moins légers. Le gabion par sa souplesse, peut s'adapter à de telles conditions sans pour autant compromettre la stabilité de l'ensemble.

Si la roche mère est à proximité du terrain naturel, l'ancrage de plots en béton armé n'offre aucun inconvénient.

Afin d'illustrer le rôle joué par les gabions métalliques dans la réalisation des ouvrages en terre, nous allons décrire celui de SANGARAFI (cercle de BRAKNA en Mauritanie).

Les aménagements prévus sur le site de SANGARAFI ont pour objet le stockage des crues d'hivernage de Juin à Septembre pendant quelques semaines, afin de permettre l'imbibition du sol de la retenue sur une profondeur assez importante, puis sa mise en culture après vidange.

Ce but est atteint par la mise en place sur le site, du barrage déversoir et d'un pertuis de vidange qui est batardé pendant la phase de remplissage.

Ces deux ouvrages s'appuient en rive sur deux digues de fermeture arasées à une côte suffisante pour tenir compte de la hauteur du plan d'eau lors du déversement avec la revanche nécessaire pour parer aux effets du batillage. Le niveau d'arase de la zone étanche correspond au niveau maximum admissible, compte tenu du relief des berges.

En période de crue, le déversement par-dessus le barrage s'effectue avec dissipation d'énergie dans un bassin prévu à cet effet en pied de la zone déversante.

Nous nous limiterons ici à la description du barrage déversoir et de son bassin de dissipation ainsi qu'au bajoyer de rive droite qui fait la transition entre le déversoir en gabions et la digue de fermeture.

Barrage déversoir et bassin de dissipation

Le barrage déversoir présente une longueur totale de 47,50 m en crête. Il est arasé à la cote 92,50.

Il est constitué par une digue à zones comprenant :

- 1° - un noyau étanche en terre limoneuse compactée. La section de ce noyau est formée de deux trapèzes isocèles ayant même axe de symétrie et accolés par leur grande base. Le trapèze supérieur a une petite base de 3,00 m calée à la cote 91,50 ; ses talus ont une pente égale à 1/1, son assise est arrêtée au niveau du terrain décapé soit 0,50 m en dessous du terrain naturel. Le trapèze inférieur est en tranchée : ses dimensions sont de 1,00 m et 4,00 m pour ses bases et 3,00 pour sa hauteur.
- 2° - une nervure de 1,80 m de haut et de 50 cm de large, en béton légèrement armé formant parafouille pour les protection aval tout au long de la digue déversante. Cette nervure est pourvue d'un talon s'appuyant sur l'arase supérieure du noyau d'argile.
- 3° - des recharges en "rag" formant couches filtrantes.

A l'amont ces recharges ont une pente de talus de 3/2. A l'aval elles sont disposées en gradins sauf toutefois au sommet de la digue où le rag est remplacé par un filtre plus fin, homogène, en sable de dune. Ces gradins de 0,50 m de hauteur sont revêtus d'une couche de béton maigre qui, une fois fissuré, jouera le rôle de filtre pour particules très fines.

- 4° - des protections constituées à l'amont de la nervure par un perré maçonné qui se termine en pied sur un mur de blocage en maçonnerie, ancré dans le terrain, sur 1 mètre de profondeur. A l'aval, des gabions sont posés sur des gradins décrits ci-dessus. Ils ont la forme d'un escalier, avec deux paliers, en tête et en pied,

constitués également en gabions de 0,50 m de hauteur. Au-delà et sur une longueur de 7,00 m, s'étend le bassin de dissipation revêtu en gabions reposant sur une couche filtrante en rag par l'intermédiaire d'une galette en béton maigre.

Le bassin de dissipation se termine dans sa partie courante par gabion de 1,00 x 1,00 formant dent d'extrémité. Dans la partie du lit mineur où le terrain naturel se trouve au-dessous des gabions, il est prévu un empilement de 3 gabions de 1,00 m x 1,00 m disposés en fer de lance, le gabion inférieur servant d'ancrage, le gabion médian de blocage et le gabion supérieur de dent d'extrémité. Au-delà de ce dispositif, des enrochements sont disposés sur une largeur de 5,00 m environ.

Bajoyer rive droite

Le bajoyer rive droite est constitué en amont par une largeur de gabions disposés les uns sur les autres en escalier et revêtus sur leur partie amont par une forme arrondie en béton de ciment formant entonnement.

Leurs faces latérales noyées jusqu'aux perrés sont revêtues d'une couche de mortier de ciment lissé de 3 cm d'épaisseur minimum, en sous-face les gabions forment drains et sont en contact avec les couches filtrantes amont en rag du déversoir et de la digue de fermeture. Le mur parafouille situé dans l'axe du déversoir se poursuit dans l'épaisseur du bajoyer où il fait corps avec le gabion de tête de la partie amont du bajoyer.

En aval de ce parafouille deux largeurs de gabions poursuivent le bajoyer vers l'aval, ceux-ci sont disposés en escalier et reposent sur les extrémités des gradins en béton du déversoir, l'étanchéité latérale des bajoyers étant assurée par 20 cm de béton coulé entre les deux gabions sur toute leur hauteur depuis l'assise en béton des gabions du déversoir. Le gabion côté bassin de dissipation aide à la dissipation de l'énergie.

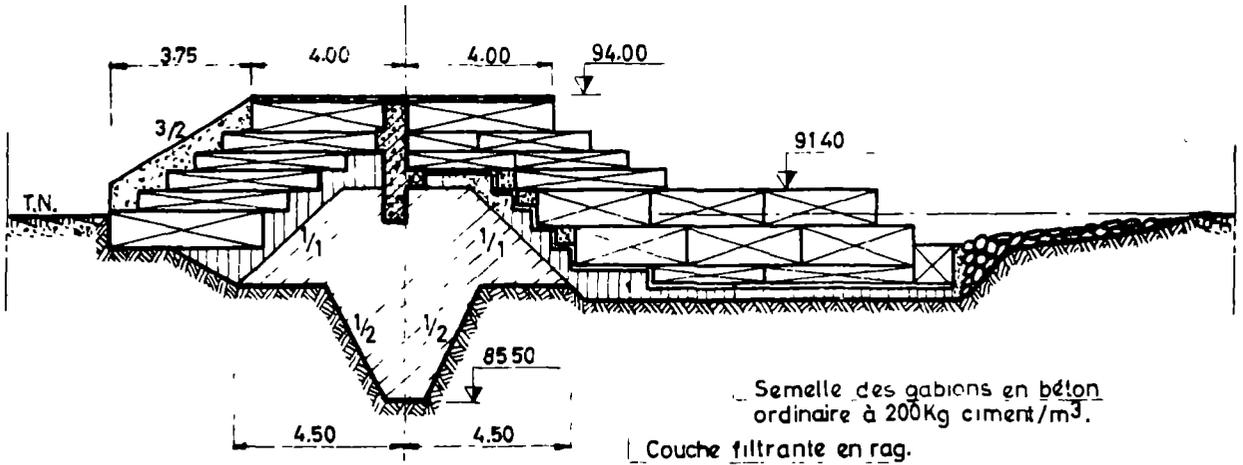
Des armatures transversales lient les gabions sur la largeur du bajoyer à travers le voile en béton, elles évitent aussi aux gabions mouillés d'être emportés, et empêchent les tassements différentiels des deux files de gabions qui pourraient provoquer des fissures dans le voile vertical en béton.

Les bajoyers ainsi constitués se poursuivent jusqu'à l'extrémité du radier du bassin de dissipation sur une hauteur de 2,00 m de part et d'autre du bassin de dissipation.

COUPE - A

Echelle : 1/200

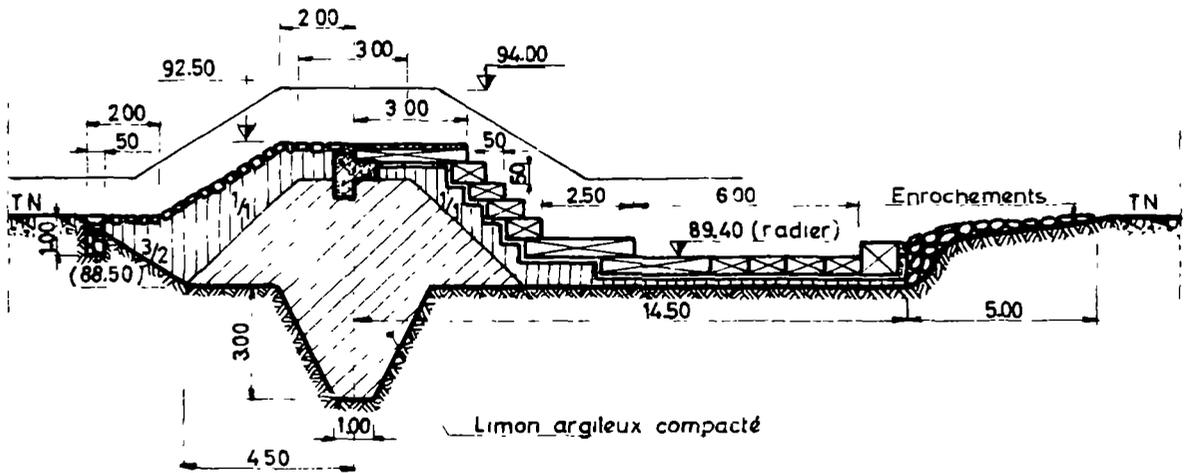
— Bajoyer rive droite —



COUPE - B

Echelle : 1/200

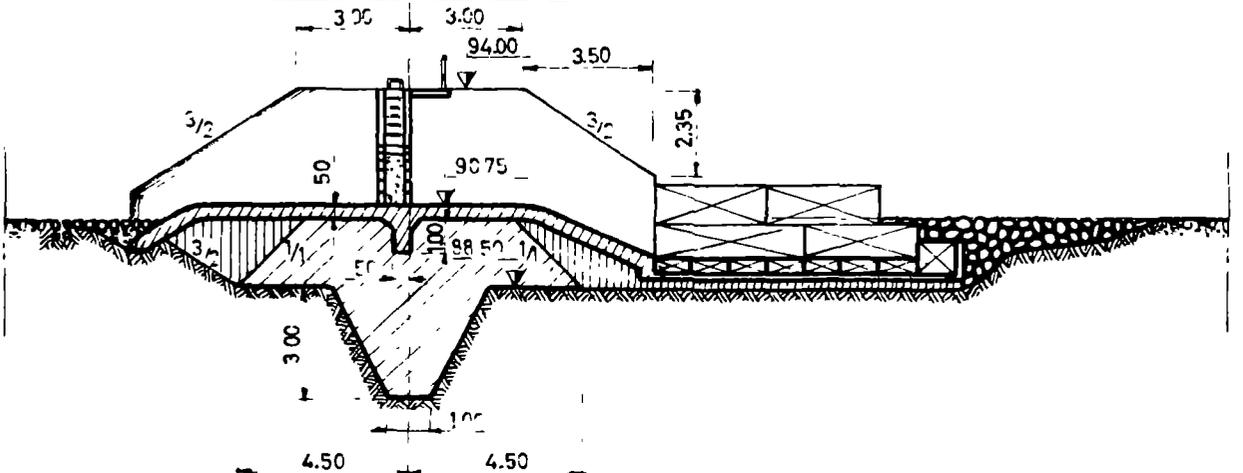
— Digue déversante —



COUPE - C

Echelle : 1/200

— Ouvrage de vidange —



OUED EL KHAIRATE
EN TUNISIE

IRRIGATION PAR EPANDAGE D'EAUX DE CRUES

ouvrage de chute

d'après
projet SOGETHA _ TUNIS

OUVRAGE DE CHUTE

Description

Les différentes cotes sont portées sur le dessin.

Deux murs bajoyers réalisent les culées de l'ouvrage de chute. Ces murs sont en béton ordinaire jusqu'au niveau supérieur de la dalle en béton grillagée et en béton banché au-dessus de ce niveau.

La dalle dont il est question est posée sur un buisson de pierres sèches et constitue une protection du canal à l'amont de l'ouvrage.

Cette dalle est adossée à un mur de chute formant déversoir.

Fait suite à ce mur, une protection en gabions sur la chute ainsi qu'un bassin de dissipation avec fond de gabions.

Les berges sont protégées par un perré maçonné.

La protection des culées est réalisée par des murs en retour fondés en gradins.

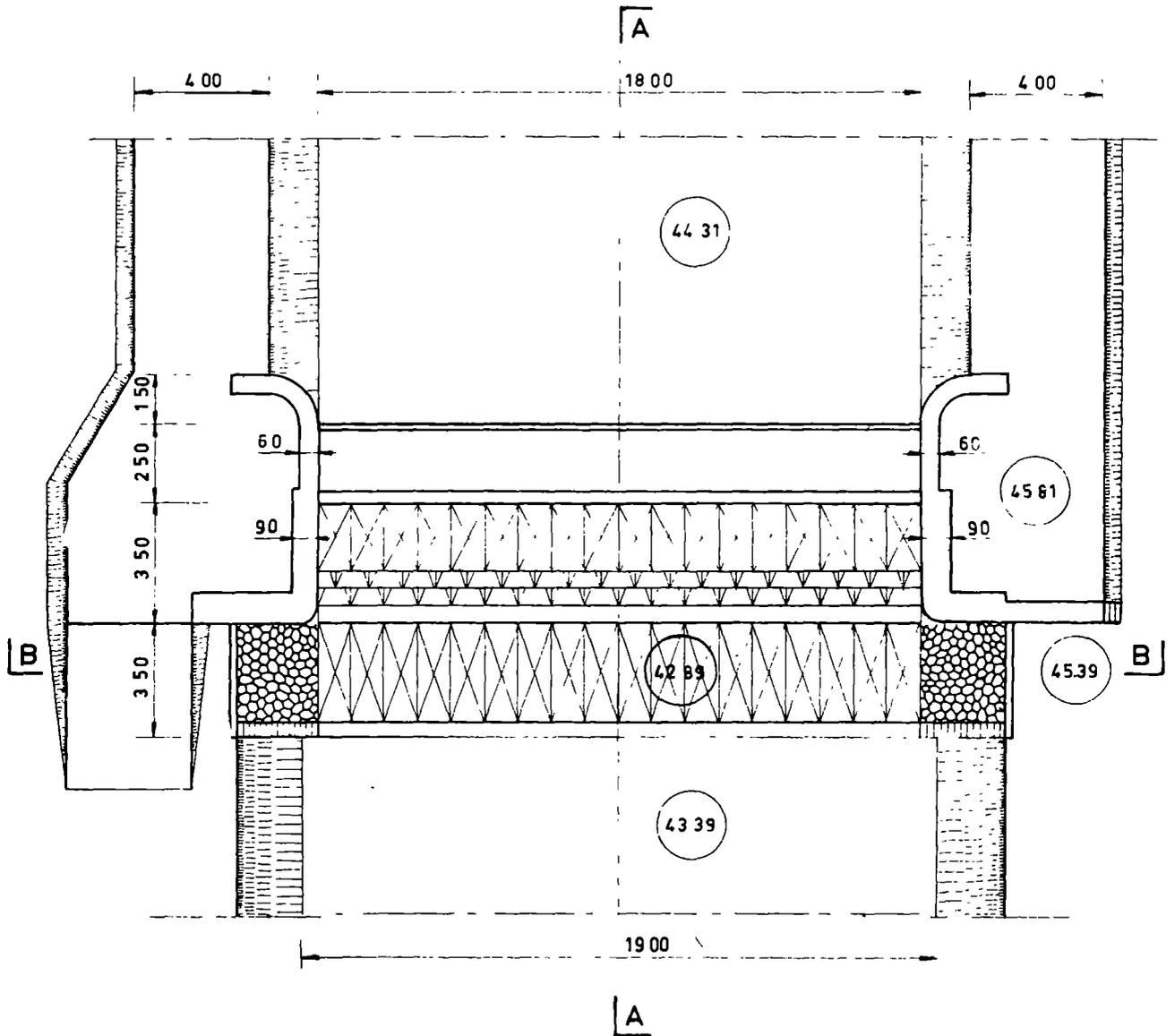
Détails d'exécution concernant les gabions

Avant la pose de ceux-ci il faut vérifier le niveau des fouilles et colmater avec du béton ordinaire toutes les irrégularités qu'on pourrait constater dans les parois et le fond des dites fouilles.

L'ensemble des gabions doit être parfaitement lié au reste de l'ouvrage ; tous les vides seront remplis avec du béton ordinaire ainsi que les parties non réalisables en gabions par suite de leur dimension et de celles du déversoir.

- PLAN -

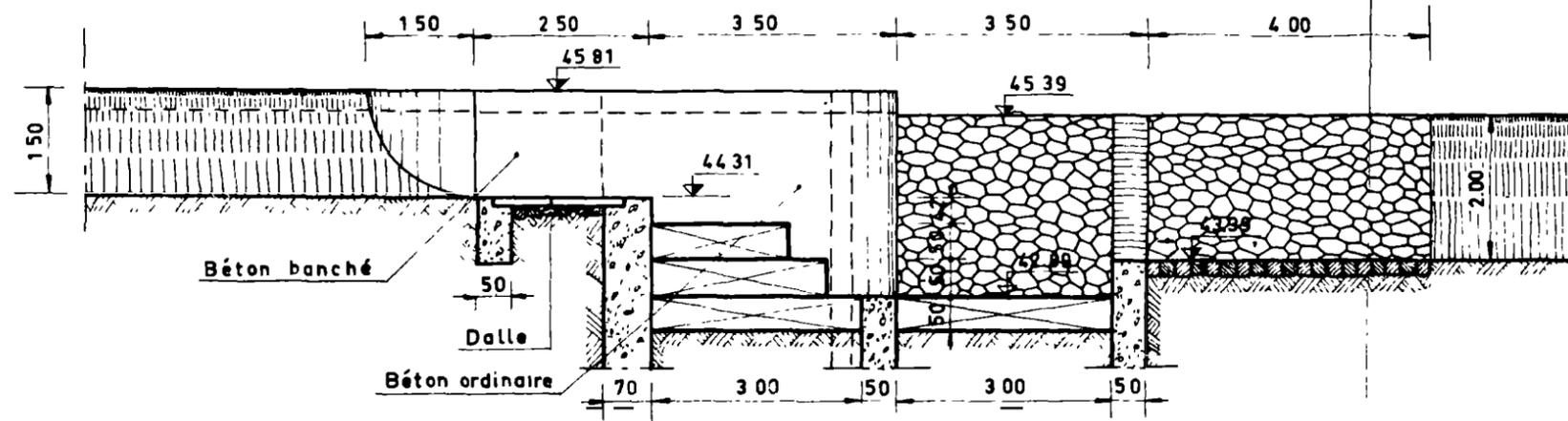
Echelle 1/200



NOTA Les bajoyers peuvent être réalisés
en gabions sous réserve que les risques de
contournement par renardage soient étudiés

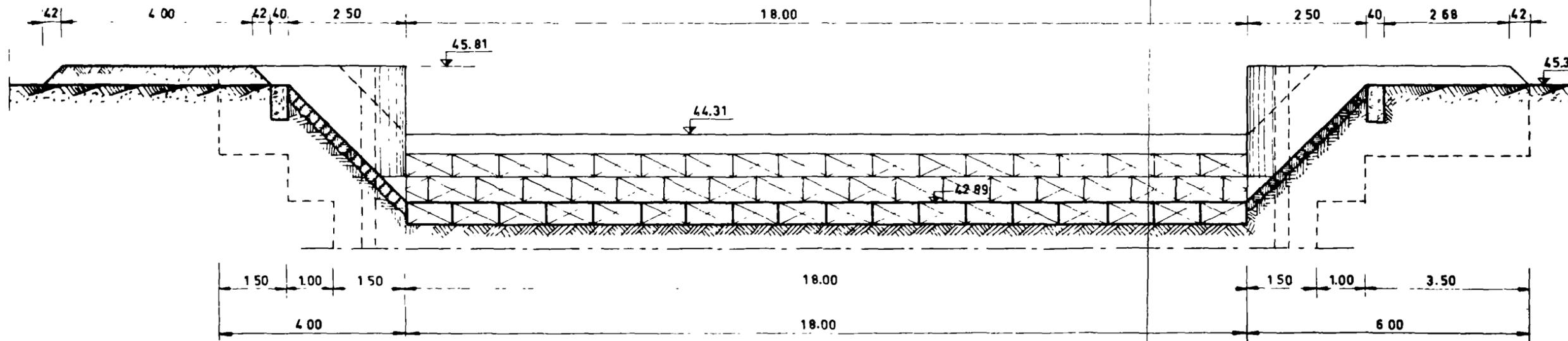
- COUPE A.A -

Echelle 1/100



- COUPE B.B -

Echelle 1/100



PERIMETRE DE L' OUED DJIR
EN TUNISIE

IRRIGATION PAR EPANDAGE D' EAUX DE CRUES

ouvrage de chute

d' après
avant-projet SOGETHA-TUNIS 1961

OUVRAGE DE CHUTE

Au niveau de l'ouvrage de chute qui maintient une pente de 7 m/km, la largeur au plafond du fossé est de 5 mètres à l'amont et à 6 m à l'aval.

Le débit est de l'ordre de 7 à 8 m³/s

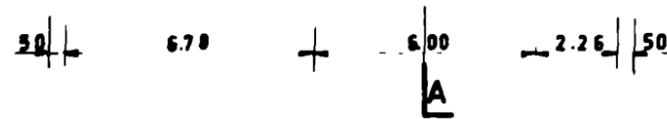
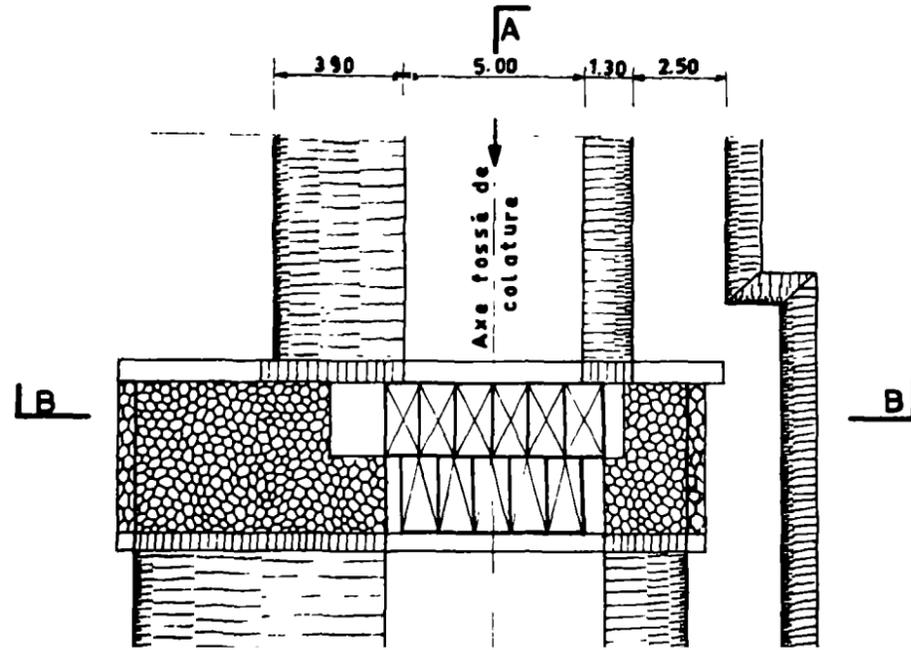
Description

D'une conception plus sommaire que l'ouvrage décrit précédemment, celui-ci comprend

- Un mur de chute en maçonnerie de moellons, remontant jusqu'au niveau du terrain naturel côté RD et jusqu'à la cote d'une digue latérale côté RG.
- Un dispositif en gabions placés en gradins pour fractionner la chute en hauteur de 0,50 m.
- Une protection des berges en aval du mur de chute par perré maçonné avec parafouille en béton ordinaire.

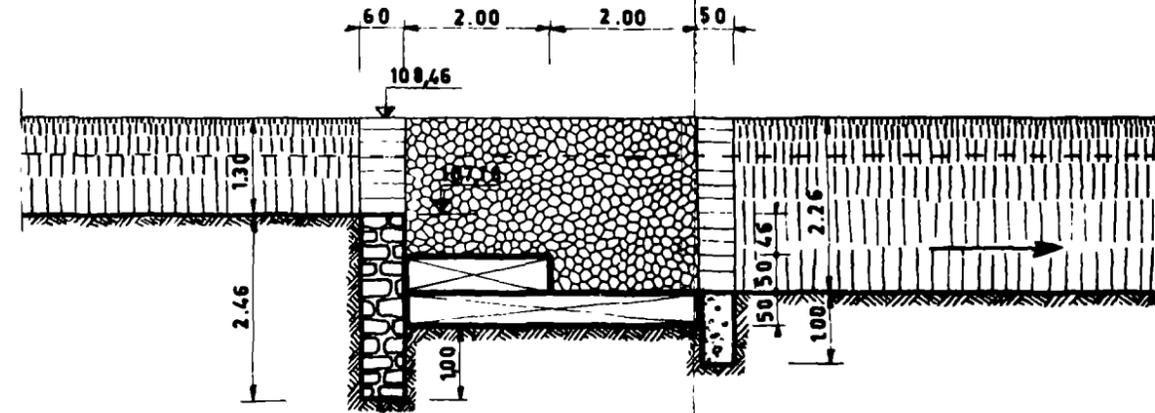
- PLAN -

Echelle 1/200



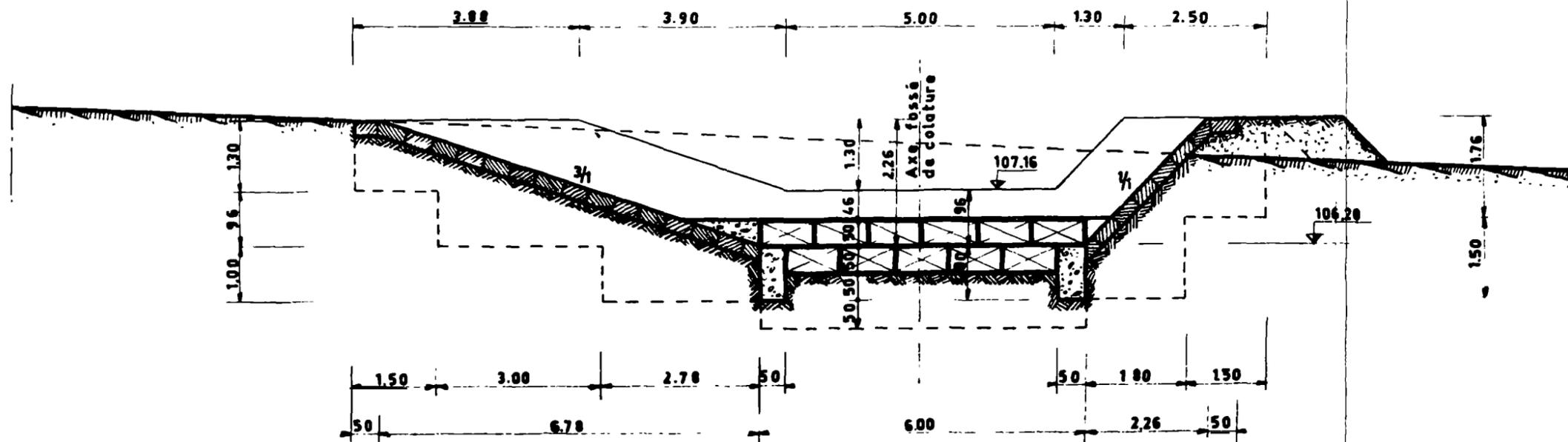
- COUPE AA -

Echelle 1/100



- COUPE BB -

Echelle 1/100



ASSAINISSEMENT DE LA PLAINE DES MOATTIS
EN TUNISIE

CANAL EMISSAIRE B

ouvrage de sécurité

d'après
projet SOGETHA_TUNIS 1962

OUVRAGE DE SECURITE

Les ouvrages de sécurité placés sur des émissaires ont pour but d'admettre des débits transités dans les limites compatibles avec la section type adoptée.

A cet effet, ils comportent un seuil de décharge protégé à l'amont et à l'aval par des gabions. Le seuil est prolongé par un fossé de drainage.

L'ouvrage présenté fait partie du réseau d'assainissement de la plaine des MOATIS (TUNISIE).

Il a les caractéristiques suivantes :

- Débit amont : 8 m³/s
- Débit aval 3 m³/s
- Débit évacué par le seuil de décharge . 5 m³/s

Une digue fusible a été prévue sur le seuil afin que celui-ci ne déverse que pour des débits supérieurs à 2 m³/s.

Description

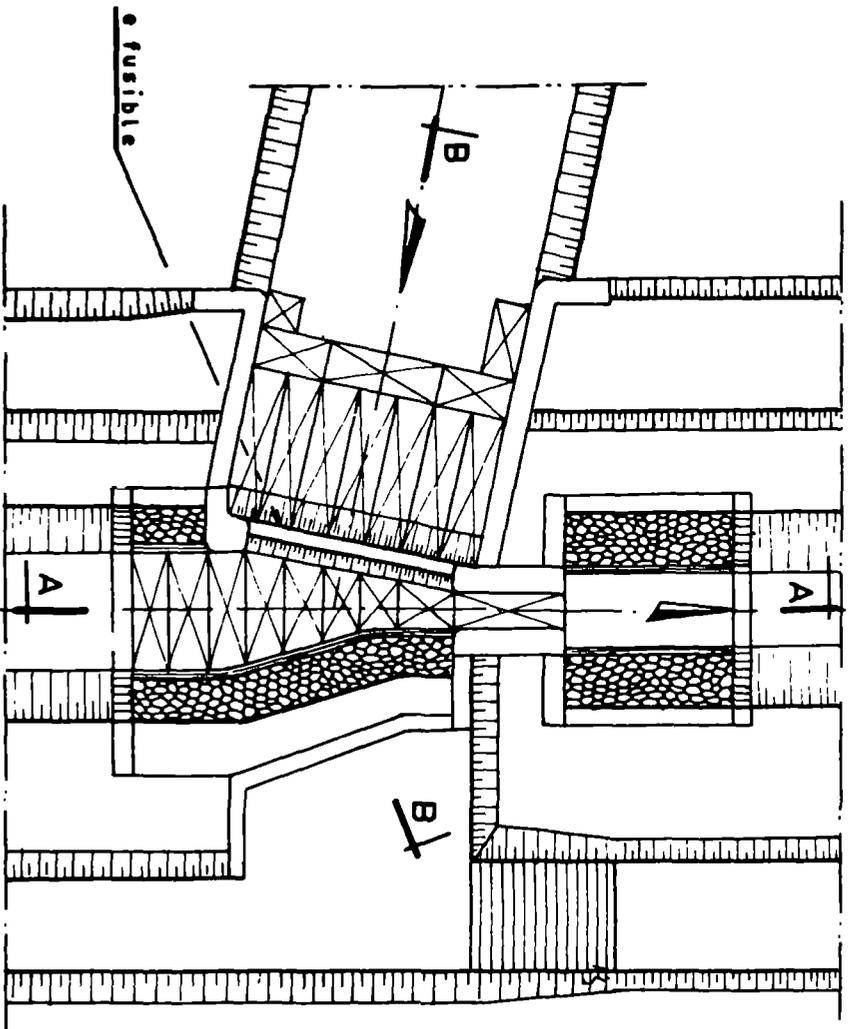
L'ouvrage de sécurité comporte un seuil en béton protégé à l'aval et à l'amont par des gabions. La hauteur de la digue en remblai compacté constitue un maximum. La rive droite amont est protégée par un perré maçonné et une murette obture le lit majeur de l'émissaire.

Deux gros murs en béton forment un pertuis de 1,00 m de large et relient entre elles, la partie amont et la partie aval de l'ouvrage, une dénivellation de 0,30 m existe entre leurs radiers respectifs.

La partie aval de l'ouvrage est protégée par perrés maçonnés et parafouille.

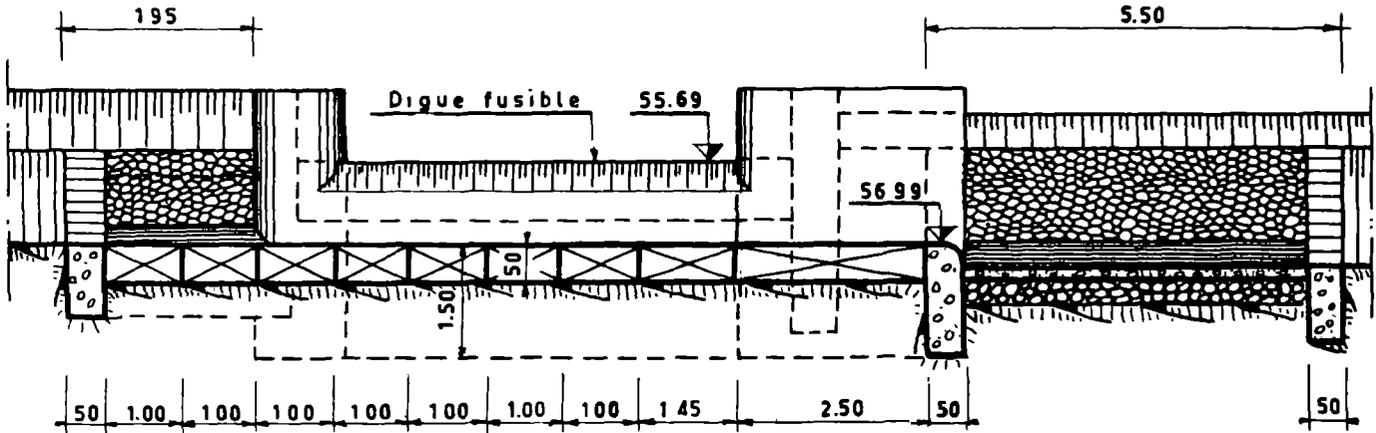
VUE EN PLAN

Echelle : 1 / 200



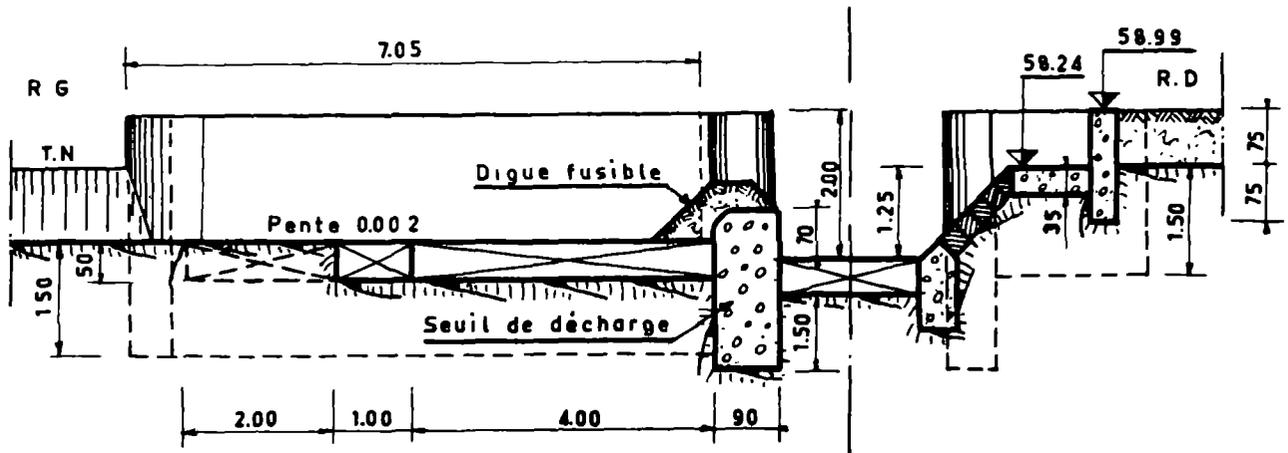
COUPE A.A

Echelle : 1 / 100



COUPE B.B

Echelle : 1 / 100



ASSAINISSEMENT DE LA PLAINE DES MOATTIS
EN TUNISIE

CANAL EMISSAIRE C

ouvrage de débouché

d'après
avant-projet SOGETHA - TUNIS 1962

OUVRAGE DE DEBOUCHE

Les ouvrages de débouché, placés aux extrémités des émissaires, ont pour but d'arrêter tout phénomène d'érosion régressive plus en amont.

Ils sont constitués d'un gros mur formant parafouille et d'un tapis en gabion semelle à l'aval bloqués par un gabion cage.

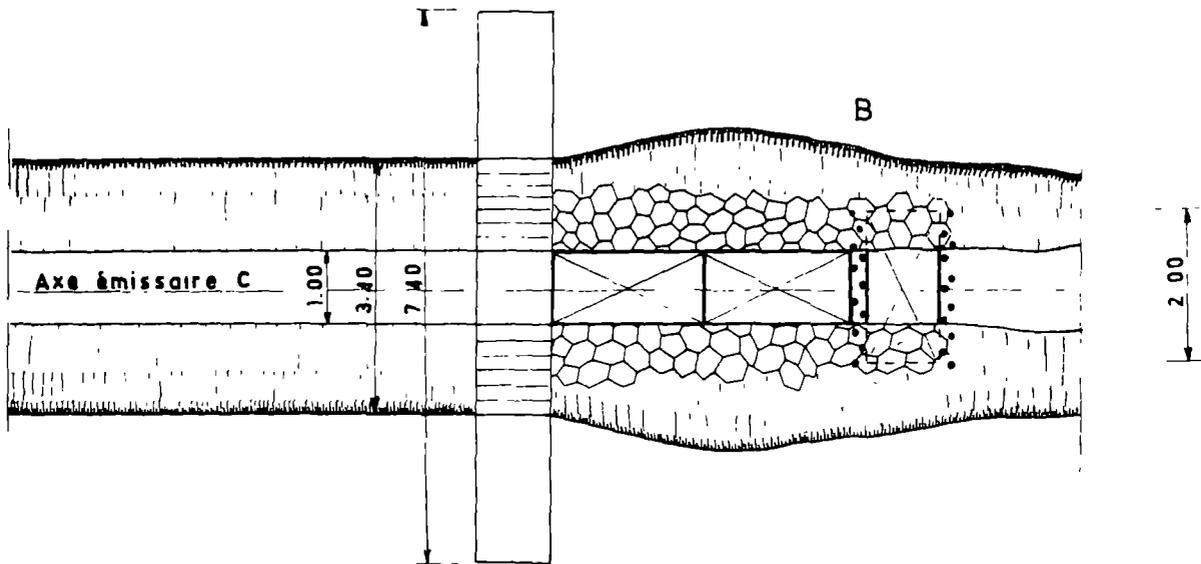
On peut associer à ce gabion de butée des pieux (métalliques) battus obliquement comme l'indique la coupe BB.

On peut préconiser à la place du tapis en gabions semelle des blocs d'une dimension minimale de 0,50.

On voit donc l'intérêt à pouvoir utiliser des gabions qui réalisent ces dimensions à partir d'un matériau de faible dimension.

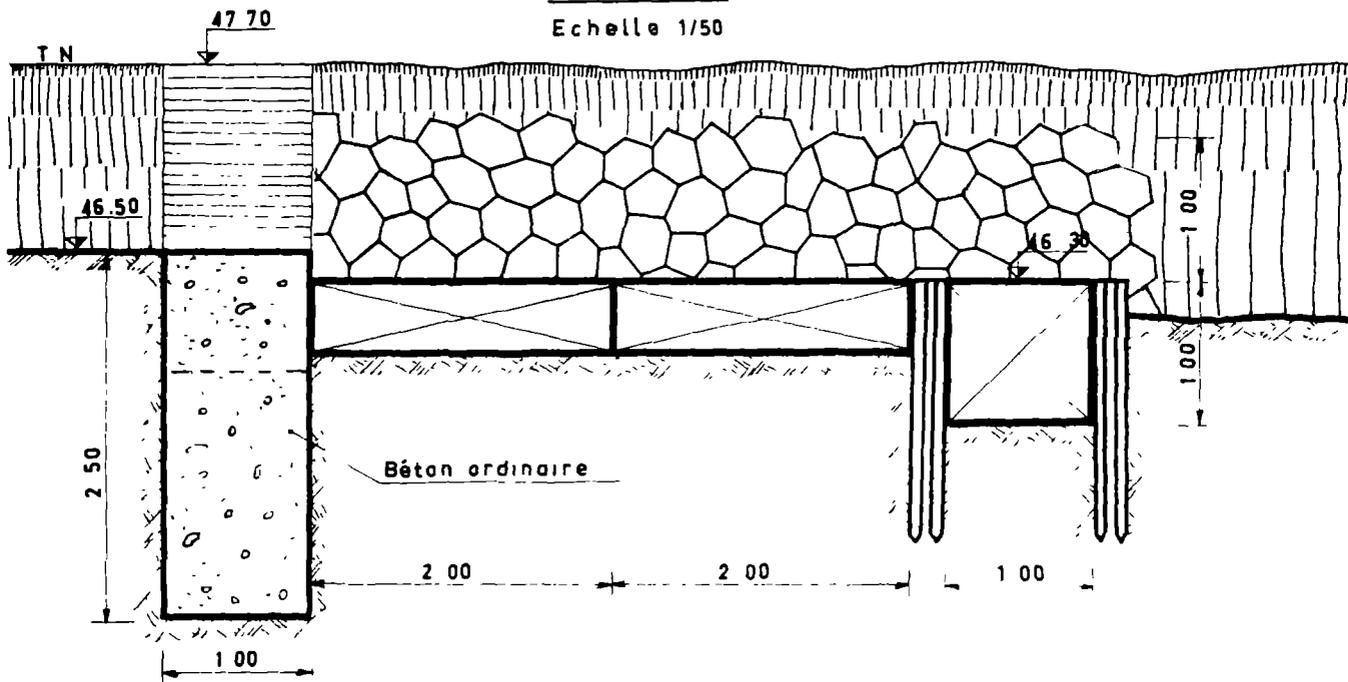
- PLAN -

Echelle 1/100



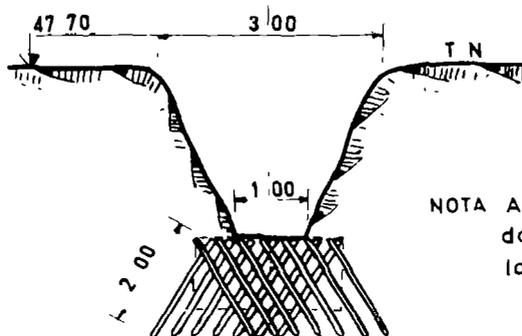
- COUPE AA -

Echelle 1/50



- COUPE BB -

Echelle 1/100



NOTA A l'amont et à l'aval du gabion, double ligne de pieux \varnothing 10 cm, longueur 2.00m

IRRIGATION DE LA REGION D' EL KELAA
AU MAROC

PROTECTION DU PERIMETRE D' EL KELAA
CONTRE LES INONDATIONS

ouvrage de prise

d' après
avant-projet GETIM-MAROC 1950

OUVRAGE DE PRISE DANS L'OUED GAINO

Cet ouvrage, situé à l'origine du canal de ceinture des DJEBILLET, est essentiellement constitué d'une digue en gabions dont la partie médiane est aménagée en seuil déversant.

Il satisfait à quatre exigences .

- maintenir un certain écoulement, même en saison sèche, dans le lit naturel de l'Oued GAINO.
- prélever un débit complémentaire destiné à la Segua Yacoubia.
- dériver en cas de crue un débit limité à 5 m³/s dans le canal de ceinture des DJEBILLET.
- laisser déverser et s'écouler, dans le lit naturel de l'Oued GAINO, le surplus des très fortes crues.

La conception et l'utilité de la construction d'une digue homogène ont été préférés au remaniement de la digue en béton existante, située à 90 mètres en amont de l'emplacement de l'ouvrage projeté.

Description sommaire de l'ouvrage

Cet ouvrage comporte :

- 1° - Sur la rive gauche, un déversoir en béton de 4,70 m de largeur et dont la crête est à la cote 485,95.

Ce déversoir permet d'évacuer un débit de l'ordre de 5 m³/s.

- 2° - Une digue réalisée en gabions Palvis. Ces gabions seront fabriqués avec des blocs pierreux abondants sur les pentes voisines des DJEBILLET. La stabilité de la digue est accrue par des contreforts en gabions espacés de 10 mètres.

La crête de la digue est à la cote (487,00) sauf sur la partie médiane large de 98 m qui est aménagée en seuil déversant (cote 486,50).

L'étanchéité de la digue n'est pas absolue. Il suffit que les infiltrations à travers les gabions ne soient pas telles que des dommages soient causés à la structure de l'ouvrage. Aussi le parement amont est-il complété par un massif en terre pilonnée. A l'aval, la protection contre les affouillements est assurée par une semelle en gabions.

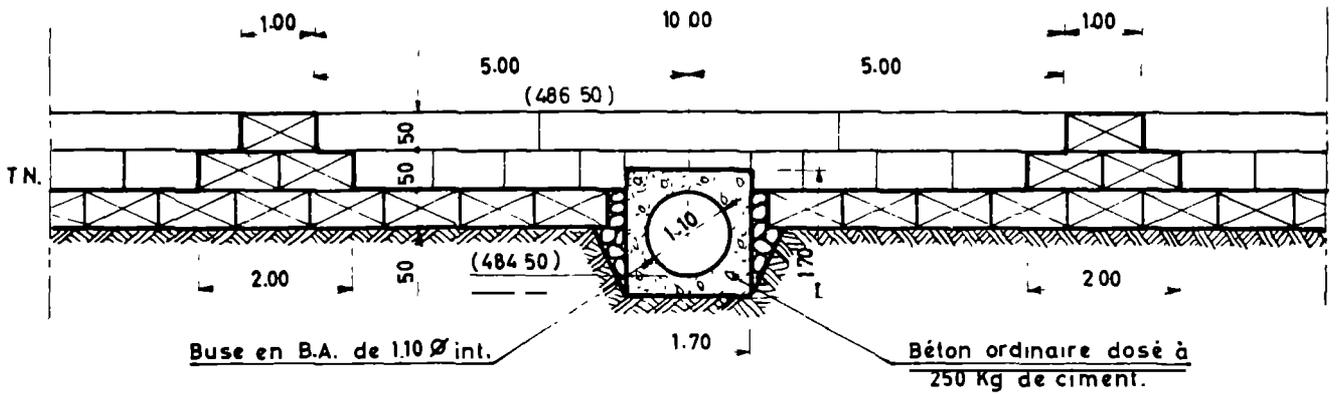
- 3° - Dans la partie centrale de la digue, deux buses de 1,10 m de diamètre assurent respectivement l'alimentation de l'Oued GAINO et de la Segua Yacoubia. Les génératrices inférieures de ces buses sont calées aux cotes suivantes :

- buse de passage de l'Oued GAINO (cote 483,40)
- buse d'alimentation de la Segua Yacoubia (cote 484,50).

de sorte que la priorité d'alimentation de l'Oued GAINO est assurée. Les entrées de ces buses sont pourvues de rainures à batardeaux permettant de régler la répartition des débits entre Oued et Segua selon les besoins.

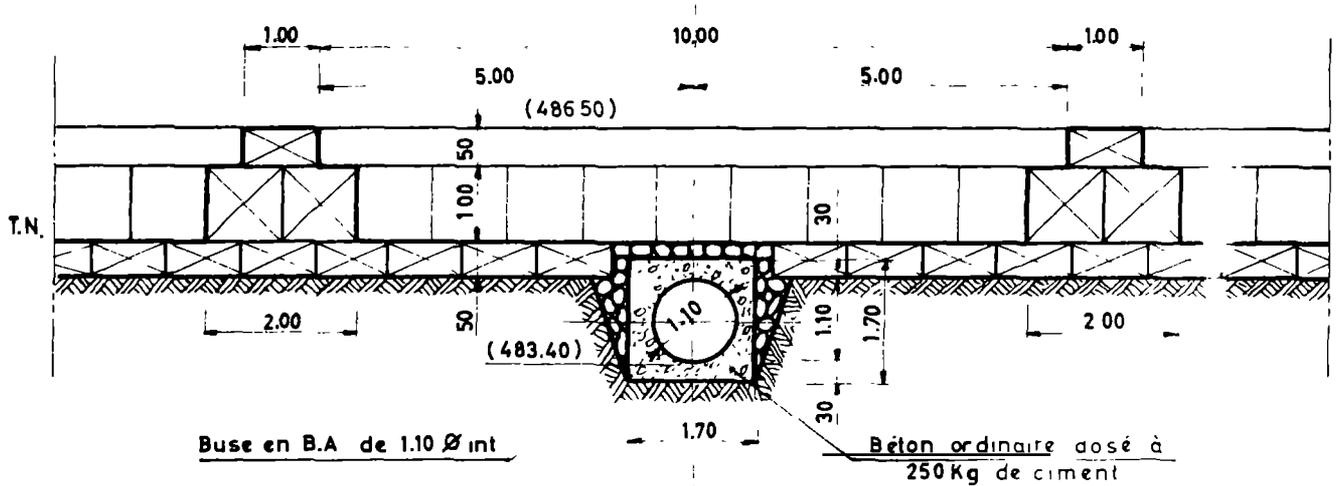
— COUPE - D —

Echelle : 1/100

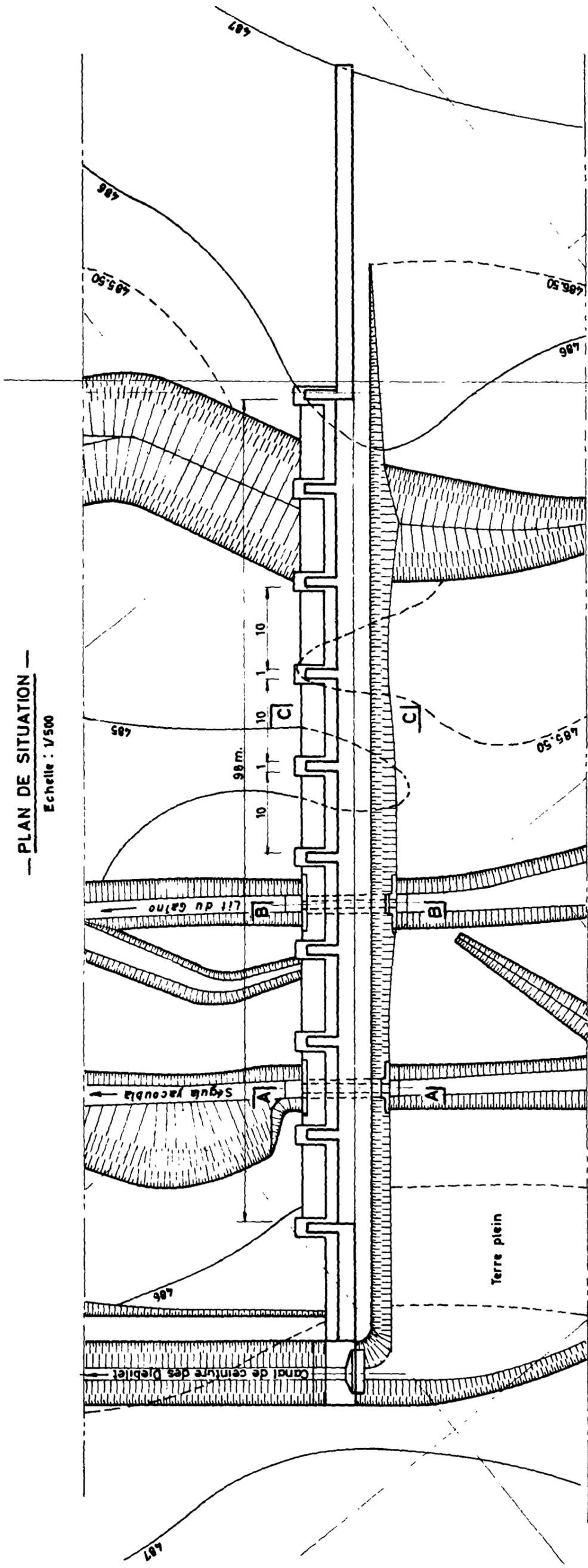


— COUPE - E —

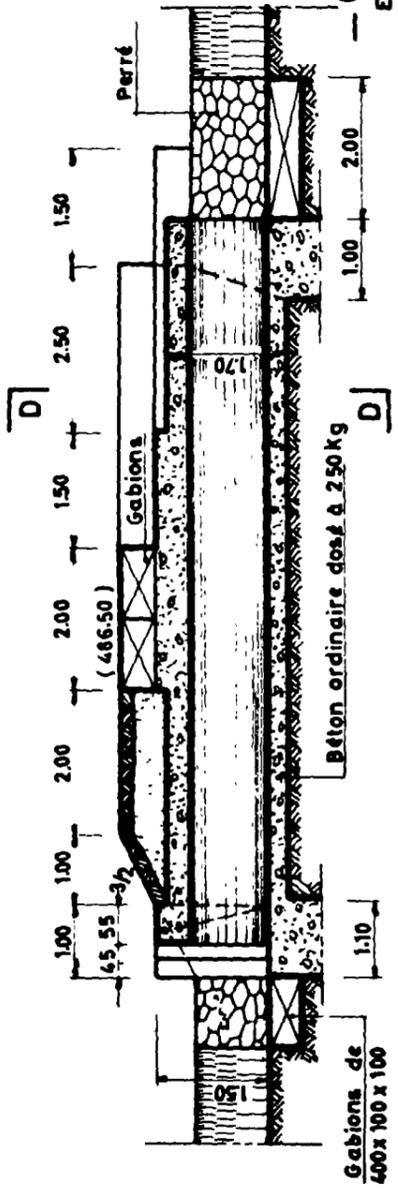
Echelle : 1/100



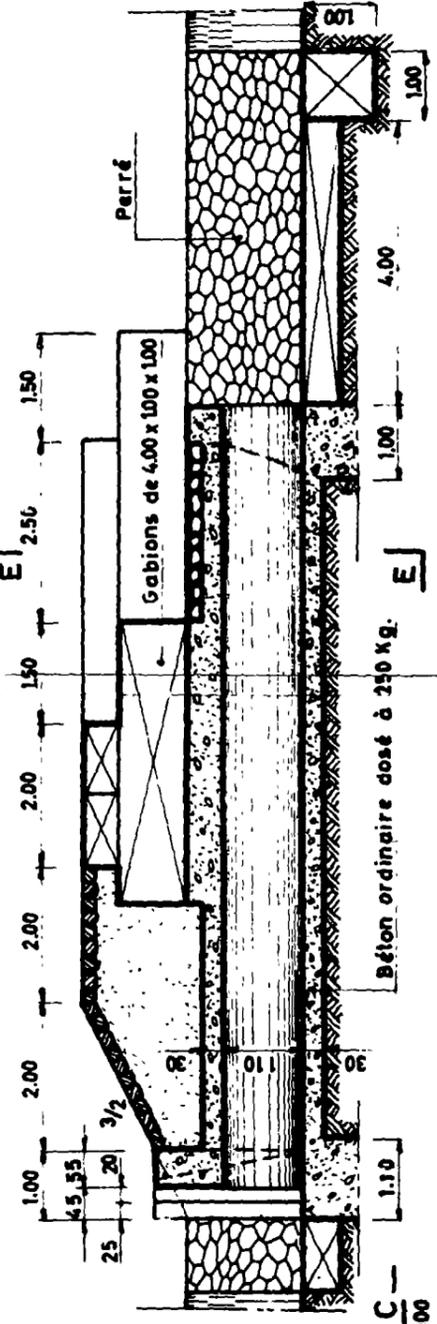
— PLAN DE SITUATION —
Echelle : 1/500



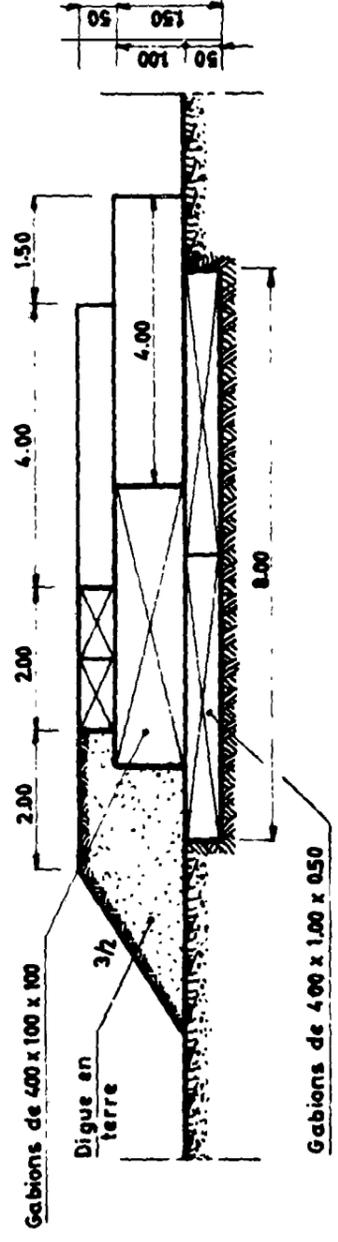
— COUPE - A —
Echelle 1/100



— COUPE - B —
Echelle : 1/100



— COUPE - C —
Echelle 1/100



IRRIGATION DE LA REGION D' EL KELAA
AU MAROC

PROTECTION DU PERIMETRE D' EL KELAA
CONTRE LES INONDATIONS

digue de dérivation et pont

d' après
avant-projet GETIM_MAROC 1950

OUVRAGES à l'ORIGINE du CANAL de RACCORDEMENT de l'OUED-GAINO à l'OUED-GUICHOUN

Ces ouvrages ayant pour but de détourner un débit limité à 20 m³/s hors du lit naturel de l'Oued-Gaino, sont :

- une digue de dérivation
- un pont.

La digue de dérivation

L'ouvrage essentiel est une digue en gabions élevée en travers du lit de l'Oued-Gaino. Pour permettre l'implantation de cette digue, il convient de remanier le lit de façon importante. Ce lit recreusé offre à la retenue créée par la digue, un volume suffisant pour permettre une bonne alimentation du canal de raccordement. Un chenal creusé dans la retenue raccorde le lit de l'oued aux pertuis du pont et à l'origine du canal.

La digue présente une largeur déversante de 44 mètres. Sa hauteur maximale atteint 3 mètres et la crête déversante est arasée à la cote (504,50). Trois buses de 0,95 m de diamètre sont disposées à travers cette digue de façon à assurer l'écoulement normal de l'Oued-Gaino dans son lit naturel.

Lorsque le niveau atteint 504,50 (retenue pleine), les débits se répartissent comme suit :

- 20 m³/s dans le canal de raccordement vers l'Oued Guichoun
- 12 m³/s continuent leurs cours dans l'Oued Gaino par les trois buses de 0,95 m.

Si le débit total affluent dépasse 32 m³/s, la crête de digue fonctionne en déversoir. La largeur présentée par la crête déversante est telle que la surélévation du niveau de la retenue est faible pour une augmentation de débit notable.

Le pont

Pour éviter néanmoins une augmentation dangereuse du débit dérivé par le canal de raccordement, le pont qui marque l'origine dudit canal comporte un masque. Ce masque est constitué d'une poutre horizontale dont la face inférieure est à la cote 504,50, c'est-à-dire à la même cote que la crête déversante de la digue. Il joue le rôle d'un étranglement et limite ainsi le débit absorbé par le canal.

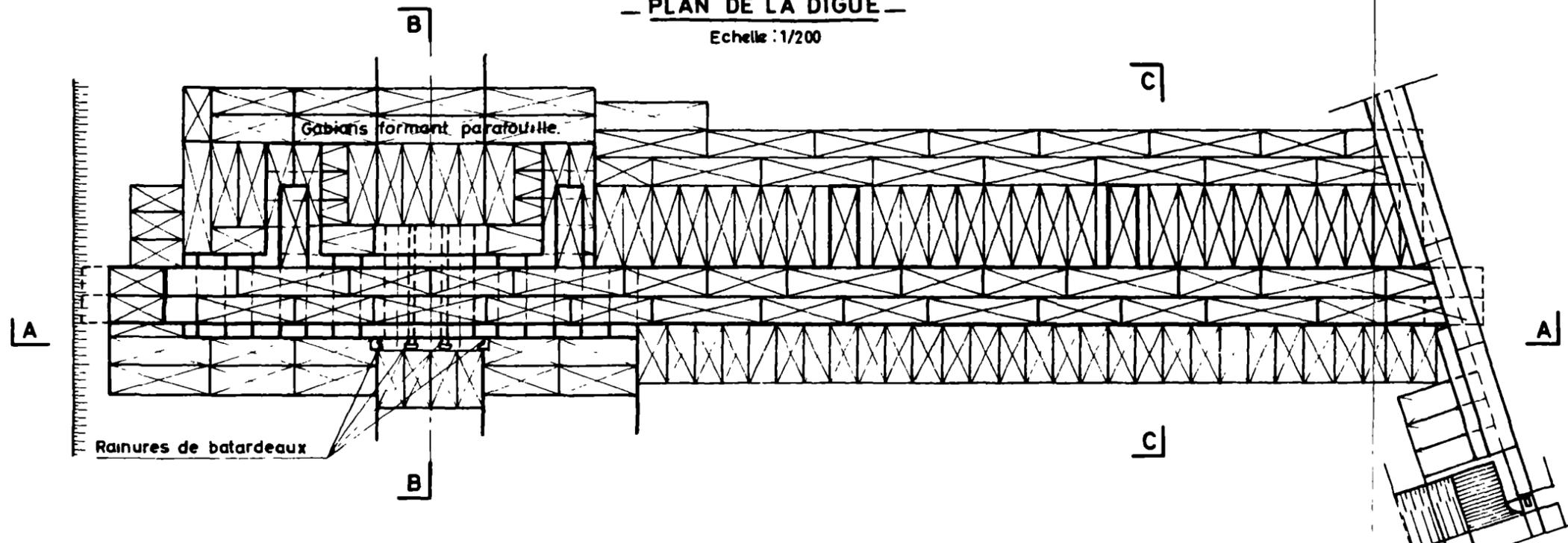
La digue de dérivation est constituée de gabions du type PALVIS. Ces gabions sont de 5 gabarits et sont remplis de blocs pierreux abondants dans les parages. La digue dont la stabilité est accrue par des contreforts en gabions espacés de 10 m est assise sur une semelle également en gabions dont l'efficacité est de limiter l'effet des affouillements.

En rive droite, la piste est surélevée d'une hauteur variable inférieure à 1 mètre. Elle est renforcée par des gabions.

Le pont essentiellement construit en béton, ne comporte que des parafouilles amont et aval constitués par des gabions.

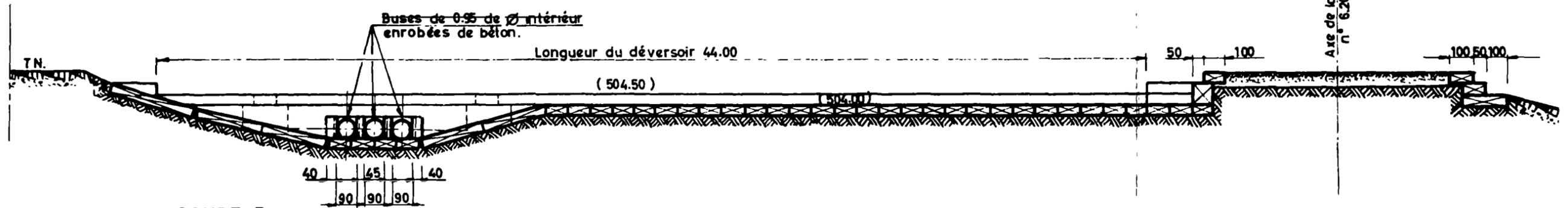
— PLAN DE LA DIGUE —

Echelle : 1/200



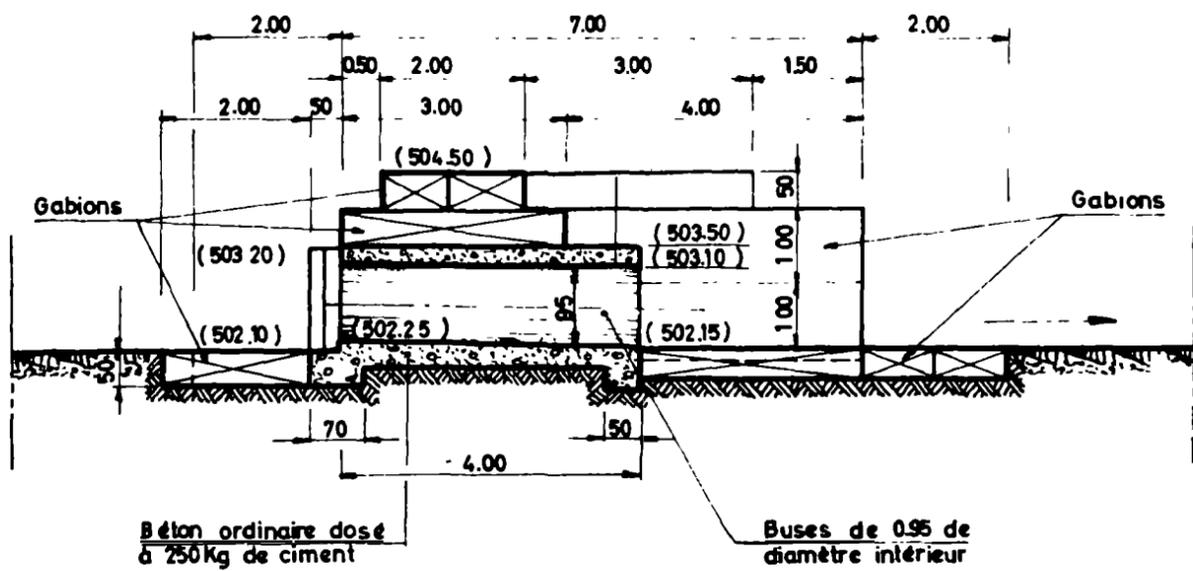
— COUPE - A —

Echelle : 1/200



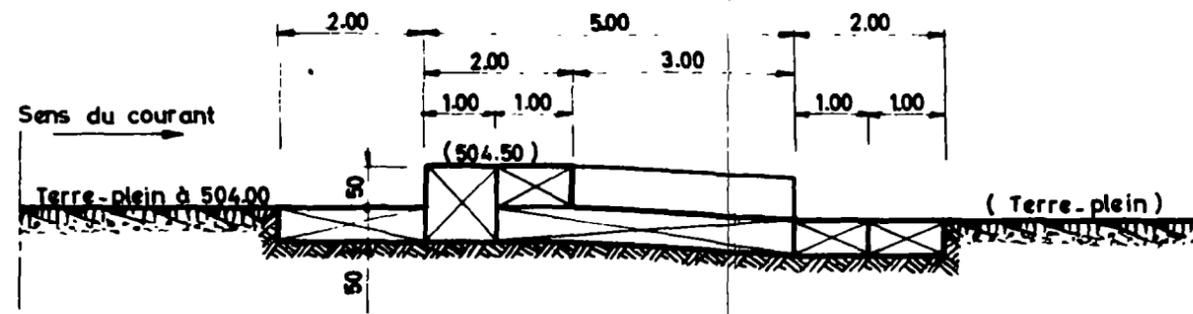
— COUPE - B —

Echelle : 1/100



— COUPE - C —

Echelle : 1/100



NOTA : Les gabions prévus pour cet ouvrage sont du type : " PALVIS "

Mailles à double torsion 80 x 110 fil n° 16 (27 - 10)

de dimensions : 4.00 x 1.00 x 1.00 et 4.00 x 1.00 x 0.50

3.00 x 1.00 x 1.00 3.00 x 1.00 x 0.50

2.00 x 1.00 x 0.50

IRRIGATION DE LA REGION D' EL KELAA
AU MAROC

PROTECTION DU PERIMETRE D' EL KELAA
CONTRE LES INONDATIONS

ouvrage au débouché d'un oued
dans une colature

d'après
avant-projet GETIM_MAROC 1950

OUVRAGE TYPE AU DEBOUCHE DANS LE CANAL DE CEINTURE
D'UN OUED DESCENDANT DES DJEBILLET

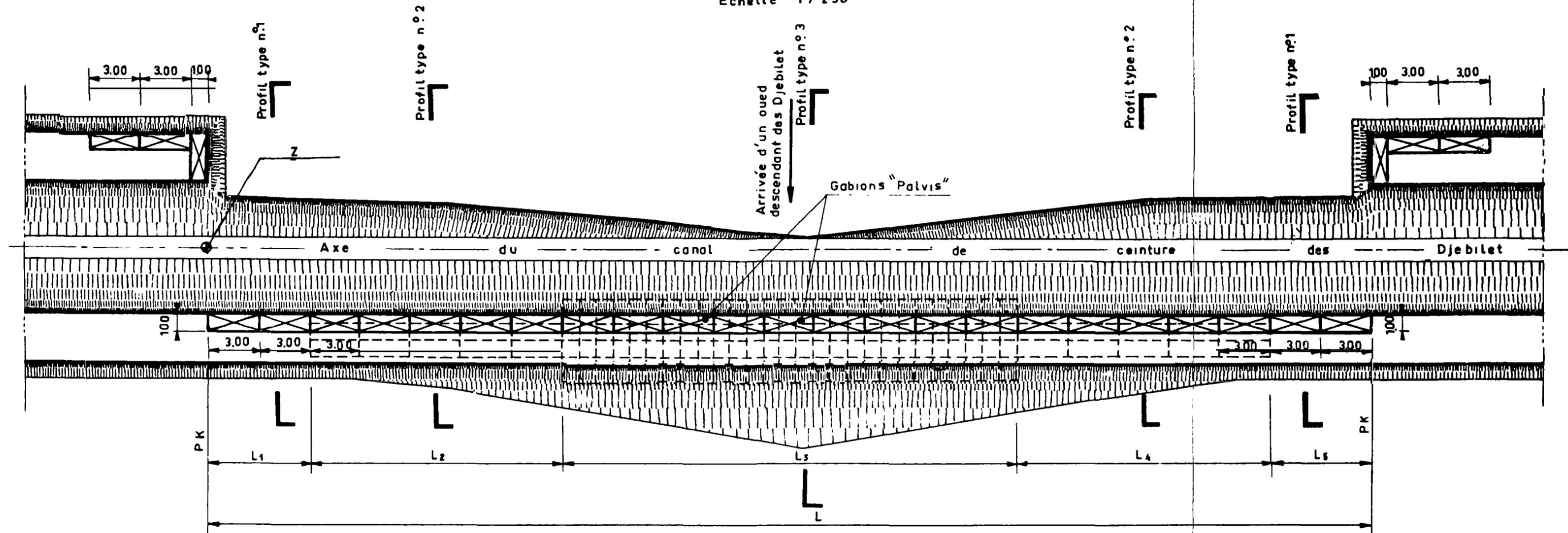
Le canal de ceinture des Djébillet a pour rôle de collecter les eaux sauvages ruisselant sur le versant Nord de ce massif ; l'apport du ruissellement est divisé en petits ruisseaux et en oueds plus importants. Ces oueds coupent en général à angle droit le tracé du canal de ceinture, lequel doit être établi en remblai pour traverser leur lit. Le canal se réduit à sa digue rive droite : en rive gauche aboutit l'oued qui descend de Djébillet, tandis que la digue de rive droite assure la continuité du canal à travers le thalweg de l'oued.

La structure de ces digues et leur section transversale ont pu être ramenées à un seul type, ce qui simplifiera la construction et, en particulier, l'approvisionnement des matériaux.

Le noyau résistant de la digue est constitué de gabions. Les gabions utilisés sont de trois gabarits et les modèles du type PALVIS ont été adoptés dans la présentation de cet avant-projet.

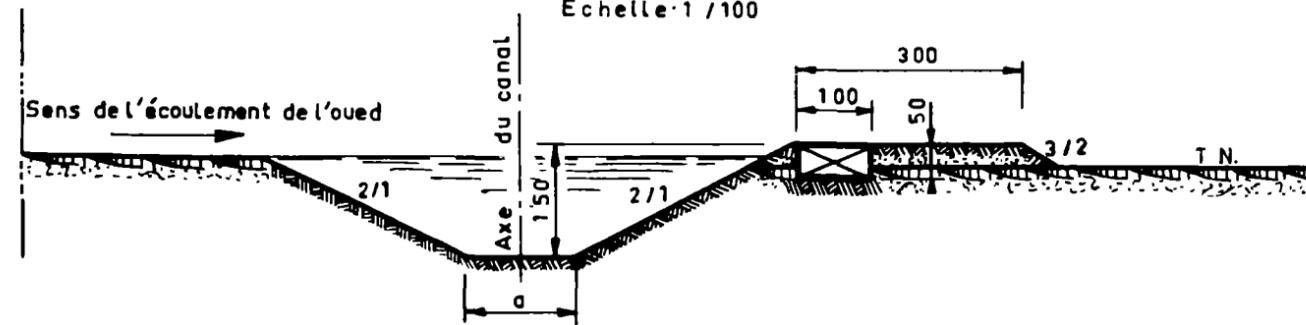
Au droit de ces ouvrages, les eaux écoulées par le canal de ceinture se répandront dans le lit de l'oued traversé. Ainsi devant la digue s'étendra une petite retenue qui servira de bassin d'amortissement au débouché de l'oued et protégera ainsi la digue contre la violence des crues.

PLAN
Echelle 1 / 250



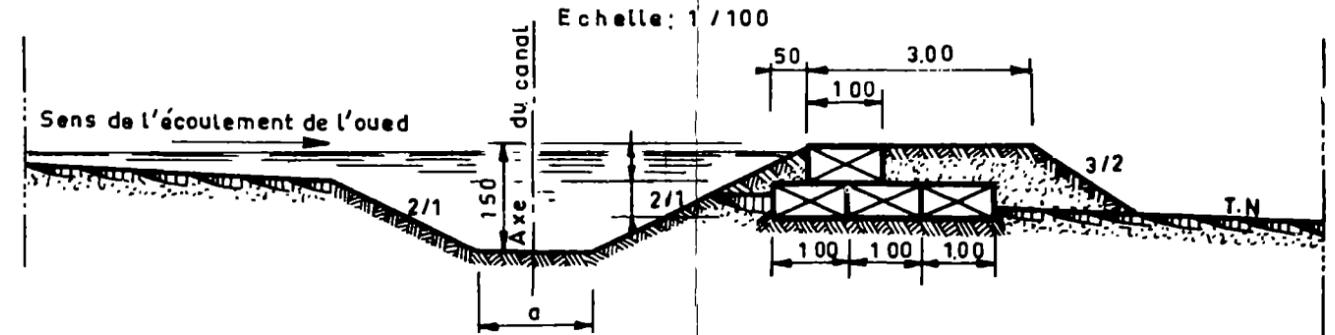
PROFIL TYPE N°1

Echelle 1 / 100



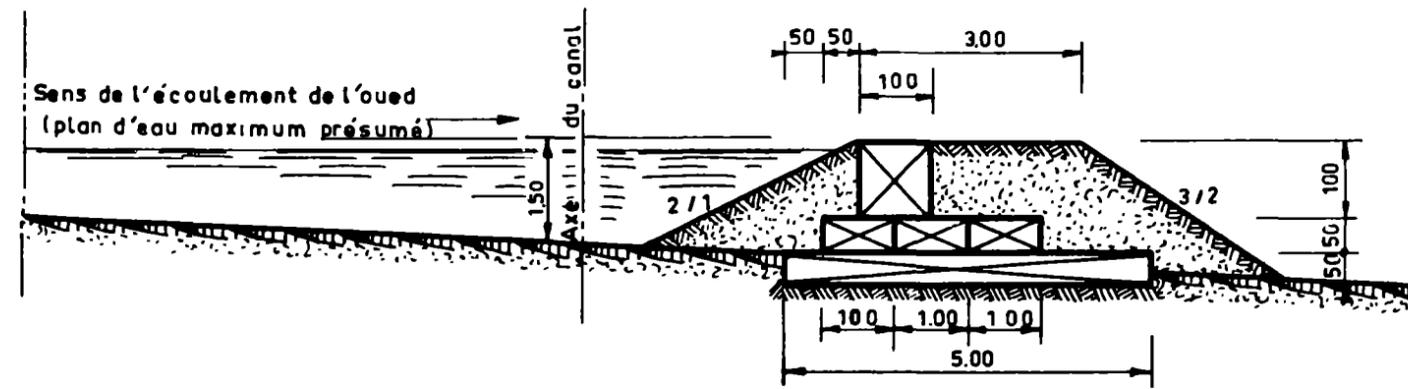
PROFIL TYPE N°2

Echelle 1 / 100



PROFIL TYPE N°3

Echelle 1 / 100



NOTA

Les cotes figurant dans le plan ci-dessus varient suivant l'emplacement de l'ouvrage et l'importance des débits.

Les gabions prévus pour ces ouvrages sont du type "PALVIS" mailles à double torsion fil n°16 (27 / 10).

FORMULAIRE

- I - Barrages poids - croquis
- II - Dimensionnement d'éléments de barrage
- III - Ouvrage de chute dans un réseau d'irrigation
- IV - Mur de soutènement

I - BARRAGES POIDS

Formules de dimensionnement

Rappelons quelques formules relatives au dimensionnement des barrages poids et qui pourraient s'appliquer aux ouvrages écrêteurs.

Stabilité au renversement

Le parement amont est supposé vertical (figure 91).

1° - Sans faire intervenir les sous-pressions .

Poussée hydrostatique normale au parement, appliquée au tiers inférieur :

$$Q = \delta h \times \frac{h}{2} = \frac{\delta h^2}{2}$$

Poids, appliqué au centre de gravité G :

$$P = \frac{\Delta mh^2}{2}$$

δ = densité de l'eau

Δ = densité de la maçonnerie

Moments par rapport à B : $\frac{\Delta mh^2}{2} \times \frac{2mh}{3} \geq \frac{\delta h^2}{2} \times \frac{h}{3}$

ou $m \geq \sqrt{\frac{\delta}{2\Delta}}$

Pour $\Delta = 2\ 400$
 $\delta = 1\ 000$

$m \geq 0,456$

2° - En faisant intervenir les sous-pressions :

	Forces	Bras de levier	Moments
Q =	$\frac{\delta h^2}{2}$	$\frac{h}{3}$	- $\frac{\delta h^3}{6}$
V =	mh^2	$\frac{mh}{2}$	- $\frac{\delta m^2 h^3}{2}$
P =	$\frac{\Delta mh^2}{2}$	$\frac{2}{3} mh$	+ $\frac{\Delta m^2 h^3}{3}$

$$\frac{h^3}{6} (2 \Delta m^2 - 3 \delta m^2 - \delta) > 0.$$

ou $m \geq \sqrt{\frac{\delta}{2\Delta - 2\delta}}$

Pour $\Delta = 2\ 400$ $m = 0,748$ soit $m \neq 0,75$
 $\delta = 1\ 000$

Stabilité au glissement

Composante tangentielle de la résultante des forces = poussée Q' sur le plan vertical O'A (figure 92).

Composante normale de la résultante des forces = P + p - V

$$\frac{Q'}{P + p - V} \leq \text{tg } \varphi$$

p = poids d'eau du prisme triangulaire OO'A

angle de frottement maçonnerie sur maçonnerie

en négligeant la cohésion (résistance au cisaillement de la maçonnerie, soit quelques kilogrammes par cm²).

Pour que le profil résiste au glissement, il faut que la résultante R des forces appliquées fasse avec la verticale un angle inférieur à l'angle de frottement de la maçonnerie sur la maçonnerie, soit

$$\alpha = 37^\circ$$

$$\mu = \alpha = 0,75$$

Dans le cas d'un parement amont vertical, p = 0, Q' = Q, en supposant que la sous-pression se développe sur la base en suivant la loi linéaire

(V_A = 0 en A, V_B = mh en b) et que le fruit m = 0,75, on a :

$$\frac{Q}{P - V} = \frac{\frac{\delta h^2}{2}}{\frac{\Delta mh^2}{2} - \frac{m \delta h^2}{2}} = \frac{\delta}{(\Delta - \delta) m}$$

Pour $\Delta = 2400$
 $\delta = 1000$

$$\frac{Q}{P - V} = 0,952 \quad \text{donc} \quad \frac{Q}{P - V} > \mu = \alpha$$

La stabilité au glissement n'est pas assurée, et il y a lieu de "rompre" les sous-pressions par un dispositif approprié.

II - DIMENSIONNEMENT DE QUELQUES ELEMENTS DE BARRAGE

On se limitera ici à rappeler quelques formules pour dimensionner l'évacuateur de crue et le bassin de dissipation.

Pour les autres éléments on se reportera utilement aux ouvrages cités en tête de chapitre et plus particulièrement à la brochure "Les petits barrages en terre" que la SOGETHA a diffusée à l'attention de projeteurs et calculateurs.

Evacuateur de crue

Lorsque les conditions topographiques le permettent (pas de seuil naturel) l'implantation d'un évacuateur de crue est autorisée si son coût reste inférieur à celui de la surélévation de la digue sur toute sa longueur en vue de créer une retenue totale.

Débit à évacuer. Le calcul de ce débit tient compte du débit de la crue maximale et d'un éventuel laminage de la cuvette.

Détermination du laminage. Deux méthodes sont possibles .

- la méthode graphique de BLACKMOORE
- la méthode donnée par MALLET et PACQUANT (op. cit.)

La première nécessite la connaissance de la courbe de variation de débit arrivant dans la cuvette en fonction du temps. Lorsque cette donnée fait défaut, on peut considérer que le diagramme représentant l'onde de crue est un triangle isocèle ayant pour base la durée de la crue et pour hauteur la valeur du débit maximal de la crue enregistrée ou évaluée.

Dimensionnement d'un déversoir. Deux paramètres varient en raison inverse l'un de l'autre

- la hauteur de la lame déversante et la largeur du déversoir.

BARRAGES POIDS

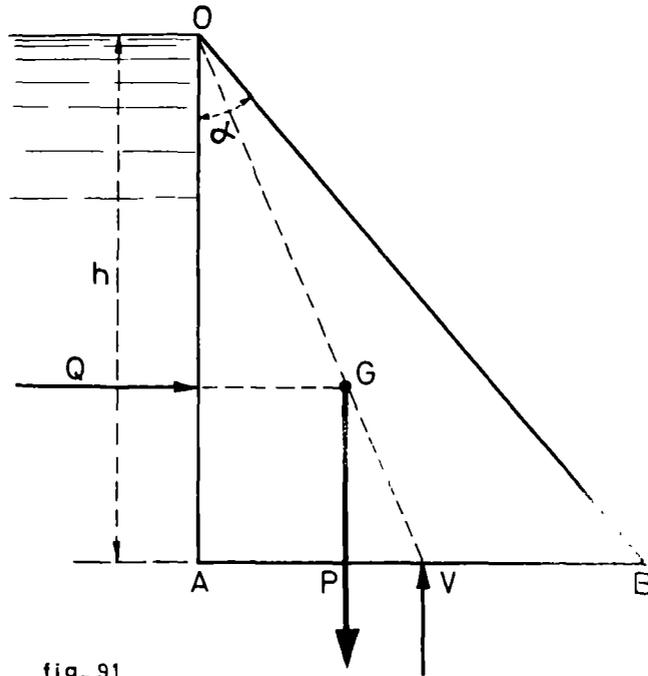


fig. 91

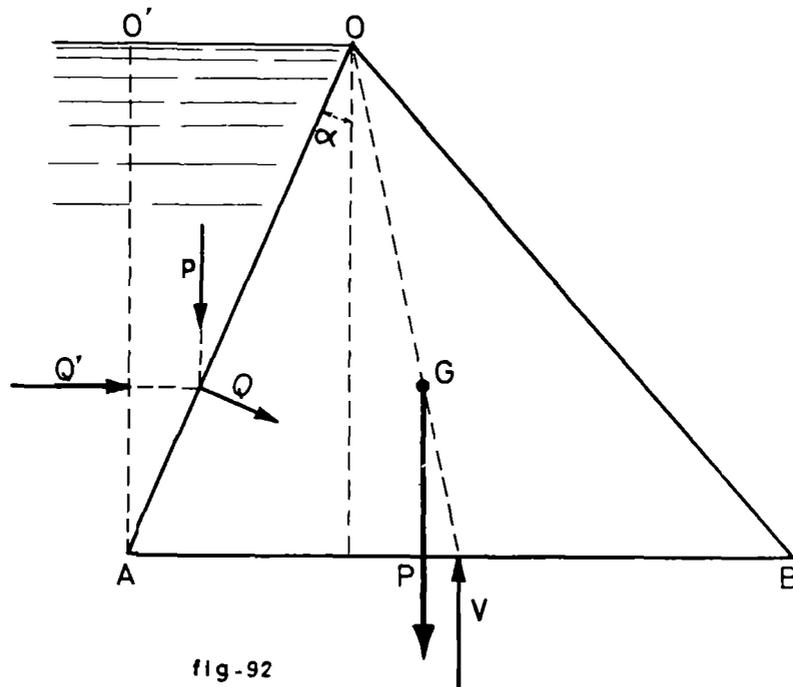


fig. 92

Souvent les données topographiques imposent les dimensions du déversoir (seuil naturel, lit (trois))

En général, on recherche un optimum économique entre la longueur du seuil et la hauteur de la lame déversante.

Pour les petits barrages en terre, la hauteur de la lame déversante ne doit pas dépasser la valeur de 1 mètre.

Calcul du débit d'un déversoir. Deux cas sont à considérer :

1° - Seuil dénoyé, lorsque $Z > 2 \frac{H}{5}$

ou Z = différence des niveaux amont, aval en m
H = charge en mètres sur le déversoir.

Formule .

$$Q = m \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \cdot L.$$

ou Q = débit du déversoir en m³/s

m = coefficient dépendant de la forme du seuil (on prendra pour les déversoirs en gabion recouverts d'un enduit m = 0,40).

H = hauteur de charge en mètres comptée à partir de la cote de crête du seuil déversant

L = longueur en mètres du déversoir

2° - Seuil noyé

On applique la formule précédente corrigée par un coefficient de réduction.

Dimensionnement du bassin de dissipation

Trois formules peuvent être utilisées celles de REHBOK, SCHOKLITSH et la formule M.C.D.

Nous ne les rapportons pas il ressort que la longueur du bassin de dissipation varie suivant les formules de 1 à 2 fois la hauteur de chute en mètres.

Dans le cas de bassin de dissipation en gabions, on adoptera une longueur égale à 2 fois la hauteur de chute.

III - OUVRAGES DE CHUTE

Indications générales (Bauzil. Traité d'irrigation p. 285)

1° - Parement aval de l'ouvrage de chute .

En gradins, les étages en gabions sont généralement de 0,50 m de haut et on compte au maximum trois étages.

2° - Longueur totale du déversoir entre culées

Elle doit rester inférieure à la largeur au plafond du canal en amont de la chute (7/8 de cette largeur).

3° - Épaisseur du mur de front de l'ouvrage de chute :

Il s'agit du mur aval vertical, auquel sont adossés les gabions.

L'épaisseur de ce mur varie de $0,15 + \frac{d}{2}$ à $0,30 + \frac{d}{2}$ en mètre

d étant la hauteur d'eau à l'amont de l'ouvrage.

4° - Largeur du bassin de réception à l'aval de la chute

$$A = L + \frac{d}{2}$$

L étant la longueur totale du mur de chute entre culées.

A doit être au moins égale à la largeur au plafond du canal à l'aval de la chute.

Lorsqu'il y a lieu de prévoir un décrochement entre le niveau du radier du bassin de dissipation et celui du plafond du bief aval, ce décrochement se calcule de la façon suivante :

$$z + d_1 = dc \sqrt{h}$$

où z est le décrochement

d_1 la hauteur d'eau (en m) dans le canal à l'aval de la chute

h différence des plans d'eau amont-aval

dc hauteur de la lame déversante

5° - Longueur du radier aval

Pour les radiers maçonnés, BAUZIL signale les formules suivantes :

a/ dans le cas d'un décrochement Z

$$Y = 2 dc + 2 \sqrt{dch}$$

b/ dans le cas où le radier est au niveau du plafond du bief aval, on applique la même formule mais toutefois on ne descendra pas au-dessous de la valeur .

$$Y = 1,20 + 2 \sqrt{dch}$$

6° - Epaisseur du radier aval

Dépend de la valeur du terrain de fondation. Il doit être calculé aux sous-pressions. On peut tenir pour minimum la valeur suivante

$$t \text{ (en m.)} = 0,55 \sqrt{dc + h}$$

7° - Revêtements de protection

- des berges : à l'amont du mur de front de l'ouvrage de chute : 3 mètres minimum.

A l'aval de l'extrémité du radier de dissipation sur 6 mètres environ.

- du plafond de canal : les longueurs peuvent être moitié moindres.

- des culées : celles-ci sont prolongées en amont et en aval par des murs en ailes ou des murs en retour lorsque la hauteur de chute est de l'ordre du mètre (débit < 2 500 l/s).

Dans tous les cas, leur longueur sera suffisante pour écarter les dangers de renardage.

IV - MUR DE SOUTÈNEMENT

Généralités

Définitions

On appelle "murs de soutènement" des murs qui soutiennent des remblais par opposition aux "murs de revêtement" qui sont des murs qui raidissent les talus des déblais.

Les murs de soutènement sont nécessaires lorsqu'on ne peut donner aux remblais leur talus d'éboulis jusqu'à leur intersection avec le terrain naturel.

- Angle de talus naturel (ω). Angle que fait avec l'horizontale le talus d'un tas de terre sèche obtenu en déversant la terre d'une faible hauteur.

- Angle de frottement interne (ρ). La relation qui existe entre la pression verticale exercée sur un échantillon de terre et la valeur maximale de résistance à son cisaillement, se traduit graphiquement par une droite.

La pente moyenne de cette droite représente l'angle de frottement interne de l'échantillon.

Pour les terrains non cohérents (sable par exemple), l'angle de frottement interne est égal à l'angle de talus naturel.

Pour les terrains cohérents, il est plus faible que l'angle de talus naturel.

REMARQUES

a/ - l'angle de frottement entre le terrain et le mur de soutènement dépend en plus de δ et ω du degré d'humidité et de la rugosité.

Cas défavorables Terrains très humides ; on prend cet angle = 0

Cas favorables . Terrains toujours secs ; on prend un angle = $2/3 \omega$

b/ - dans les calculs on choisira ω et ρ des plus défavorables.

Variation de la poussée des terres en fonction de la nature des terres et de leur hauteur

Cette variation se traduit par la relation

$$Q = P \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad \text{avec} \quad P = \frac{\delta H^2}{2} \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

ce qui revient à écrire :

$$Q = \frac{\delta H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$\varphi = 90^\circ - \alpha$$

δ = densité des terres

Pour l'établissement de l'abaque page suivante ont été prises les valeurs de δ suivantes .

Glaise et argile compacte	:	1 900 à 2 100
Sable terreux	.	1 500
Terre ordinaire et sable pur	:	1 400
Argile humide	:	1 000
Eau	:	1 000
Vase fluide	:	1 200 à 1 400

Equilibre et glissement d'un mur de soutènement

Soit P le poids du mur au ml et Q la poussée des terres qui s'exerce contre ce mur.

Pour qu'il n'y ait pas de renversement du mur il faut que la relation suivante soit respectée :

$$Q = Pf$$

On admet un coefficient de sécurité de 1,5 à 2 et la relation s'écrit :

$$\boxed{2 Q = Pf}$$

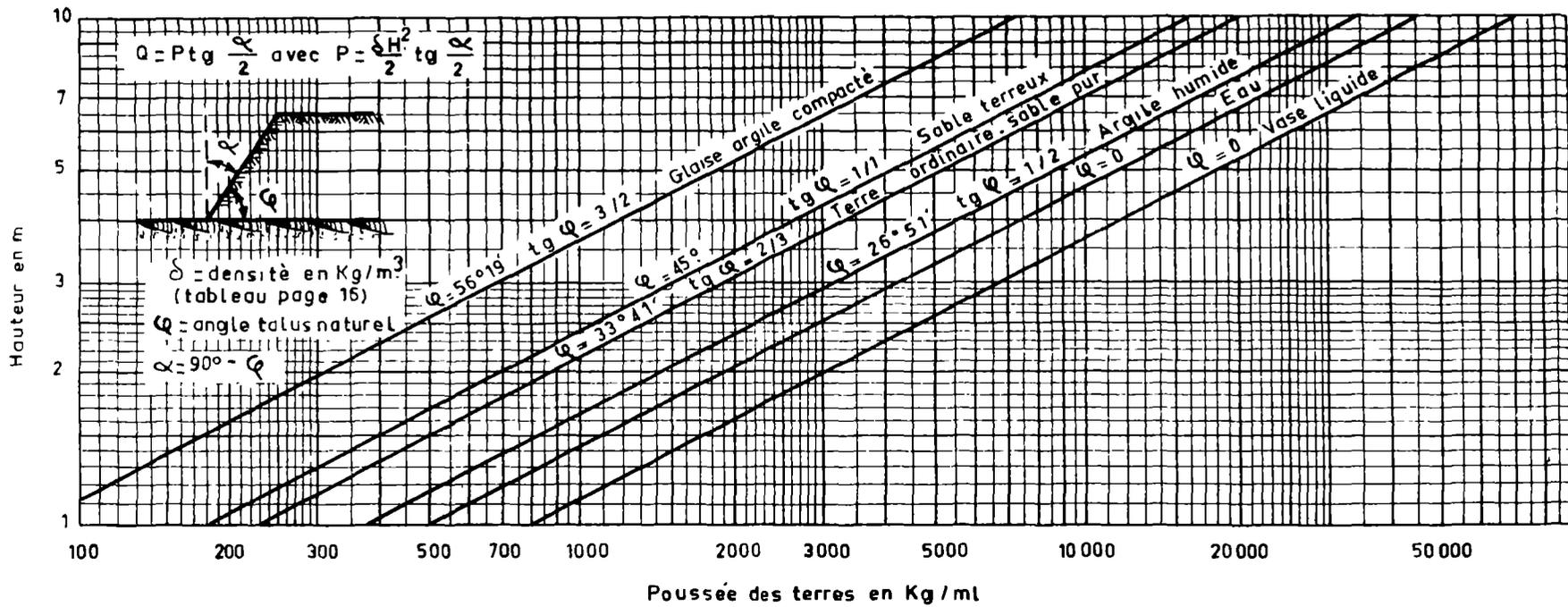
f est le coefficient de frottement dont les valeurs sont les suivantes :

- maçonnerie sur :

- rocher naturel	:	0,76
- terre ou sable	:	0,57
- argile humide	:	0,30

Ces valeurs concernant les maçonneries de pierre sèche, peuvent être extrapolées aux gabions.

Abaque donnant la valeur de la poussée des terres en kg/ml
 en fonction de la hauteur des terres à soutenir et de leur nature



Différents types de murs de soutènement

Mur rectangulaire

- sans surcharge

H = hauteur du mur en mètres

E = épaisseur du mur en mètres

δ = densité des terres du prisme de poussée

ω = densité des maçonneries (gabions)

α = angle du talus naturel

α = 90 - α

Formule donnant l'épaisseur du mur

$$E = H \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{2 \delta}{3 \omega}}$$

- avec surcharge

Formule générale $E = \sqrt{\frac{2 \delta}{3 \omega}} \times \frac{(H+h)^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + h^2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}}$

Formules empiriques et pratiques

a/ Formule de Poncelet $E = 0,286 (H + h)$

b/ Autres formules voir tableau ci-après

Valeur de h	$0 < h < \frac{H}{2}$		$\frac{H}{2} < h < H$	$H < h < 2H$	$h < 2h$
Angle talus naturel	$\omega = 45^\circ$	$\omega = 35^\circ$	$\omega = 45^\circ$	$\omega = 45^\circ$	$\omega = 45^\circ$
Epaisseur	$0,235 (H+h)$	$0,333 (H+h)$	$\frac{H}{3} + \frac{h}{5}$	$\frac{H}{3} + \frac{h}{10}$	$\frac{H}{3} + \frac{h}{15}$

La longueur h représente en mètres de terre, la surcharge roulante ou le poids mort agissant sur la base du prisme de poussée.

$h = \frac{P}{\delta}$ exemple = charge roulante 3 tonnes, $\delta = 1,5$

$h = \frac{3}{1,5} = 2 \text{ mètres}$

Exemple

P = 3 tonnes

Hauteur du mur = 4 mètres

Hauteur de la crête du mur au bord du talus = 1 mètre

$\omega = 45^\circ$

Surcharge roulante = 3 tonnes

$\delta = 1,5$

$h = \frac{3}{1,5} + 1 = 3 \text{ mètres}$

Épaisseur du mur : on est dans les conditions suivantes .

$$\alpha = 45^\circ ; \frac{H}{2} < h < H$$

Formule empirique :

$$E = \frac{H}{3} + \frac{h}{5} = \frac{4}{3} + \frac{3}{5} = 1,9 \text{ mètre}$$

L'épaisseur calculée est 1,9 mètre. On peut disposer les gabions comme indiqué sur la figure 93.

Mur à parement intérieur vertical et parement extérieur vertical ou incliné

Formule empirique :

$$E = 0,30 \text{ m} + k H \quad E = \text{épaisseur au couronnement}$$

$$\text{fruit du parement extérieur} : 1/5$$

Nota : on a pris $\varphi = 3/2$

Valeur du rapport h/h	Valeurs de k pour les valeurs suivantes du fruit du parement vu			
	0 Parement vu vertical	1/10	1/5	0,30 terrains instables
0	0,29	0,19	0,11	0,03
1/4	0,36	0,26	0,18	0,10
1/2	0,39	0,29	0,21	0,13
1	0,42	0,32	0,24	0,15
2	0,44	0,34	0,26	0,18
4	0,45	0,35	0,27	0,19
6 et +	0,46	0,36	0,28	0,20

Exemple

Mur de soutènement de 5 mètres

$$H = 5 \quad \frac{h}{H} = 0$$

$$\text{Fruit } 1/5$$

$$E = 0,30 = (5 \times 0,11) = 0,85 \text{ cm}$$

vu la dimension minimale du gabion, on prendra une épaisseur au couronnement de 1 mètre (figures 94 et 95).

Règle générale

Il y a intérêt à buter le mur en pied, c'est-à-dire enfoncer le mur en pied de talus d'une hauteur égale à $\frac{H}{5}$

Exemple

Mur de soutènement de 6 mètres

1/ - à parement vertical (figure 96)

$$H = 6 \text{ mètres} - \text{surcharge} = 3 \text{ tonnes} \quad h = 2 \text{ mètres}$$

Formule

$$E = 0,235 (H + h) = 1,88 \text{ mètres} \neq 2 \text{ mètres}$$

2/ - à parement vu incliné à 0,30 (figure 97)

$$E = 0,30 + k H \neq 1 \text{ mètre au couronnement}$$

2 bis/ - avec gabions spéciaux (figure 98).

Mur en surplomb droit

Terrains douteux instables. L'intérêt de ces murs est d'adosser à un talus, un mur dont le fruit est à peu près égal à celui du talus en évitant les déblais ou les remblais.

Formule empirique .

$$E = \text{épaisseur moyenne} : 0,25 \text{ à } 0,30 \times H \quad (\text{figure 99})$$

La base AD doit être perpendiculaire au parement vu.

$$\text{Fruit extérieur} = 1/2 \text{ environ} \quad - \quad \text{Fruit intérieur} = 1/5 \text{ environ}$$

Règle

A un fruit extérieur de	Correspond un fruit intérieur de
1/5	1/10
1/3	1/8
1/2	1/5

Remarques

Il est nécessaire de vérifier si les taux de compression admissibles déterminés (p. 9) sont respectés.

D'autre part, si les gabions présentent des risques de colmatage, il faut prévoir dans les murs de soutènement des barbacanes ou des drains d'écoulement.



MURS DE SOUTÈNEMENT

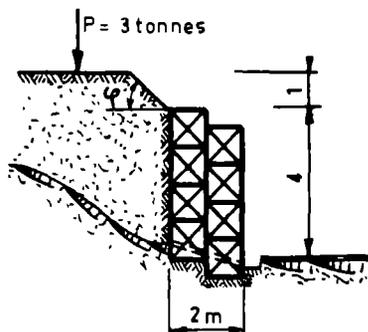


Fig. 93 _L'épaisseur calculée est 1.90 m
On peut disposer les gabions comme l'indique la figure

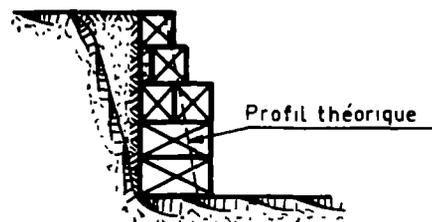


Fig. 94 _Profil théorique et mur en gabions courants

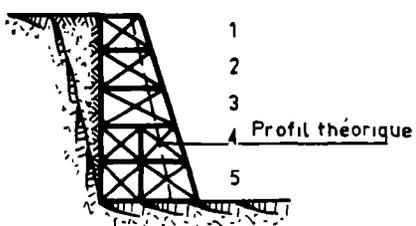


Fig. 95 _Mur en gabions spéciaux
au niveau 4 on retrouve le gabion 1
" 5 " " 2

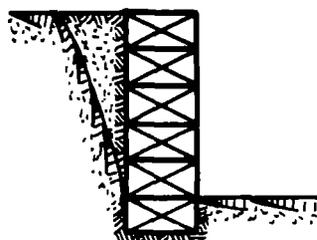


Fig. 96 _Mur à parement vertical

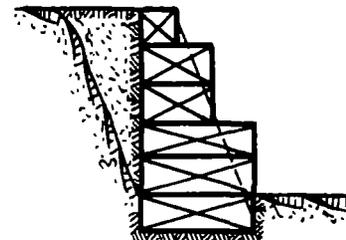


Fig. 97 _Mur à parement vu théorique incliné à 0°30'

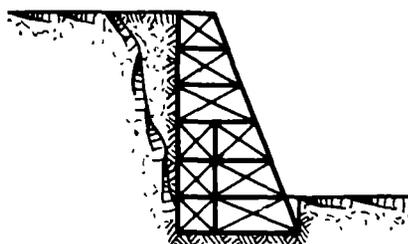


Fig. 98 _Mur en gabions spéciaux parement vu incliné à 0°30'

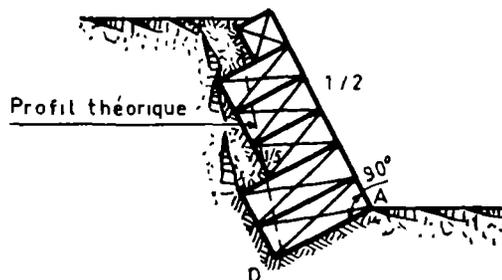


Fig. 99 _La base AD doit être perpendiculaire au parement vu