

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE
FIN D'ÉTUDES

GC. 0653

Titre Protection du littoral contre l'avancée
de la mer

Auteur M. DIAKHATÉ

Génie CIVIL

Date JUIN 1984

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

PROJET DE FIN D'ETUDES

Protection du littoral contre l'avancée
de la mer

Auteur Mamadou Diakhate 5^e Année Génie Civil

Directeur de Projet : M^r André PARIS
Co-directeur de Projet : M^r Mbaye Diagne.

TABLE DES MATIERES

	pages
Remerciements	i
Sommaire	ii
Introduction	1
Chapitre I: Diagnostic de la situation actuelle.	5
Chapitre II Connaissance du medium	12
I GENERALITES	13
II LE VENT	13
III La HOULE	14
IV LA MARÉE	17
V Connaissance DE L'EAU DE MER	18
a) generalités	18
b) action corrosive de l'eau de mer	18
VI Situation physique DU MILIEU	21
Chapitre III : Solutions Proposées	23
I GENERALITES	24
II SOLUTION PROVISOIRE	26
III SOLUTION DEFINITIVE	33
A. OUVRAGE EN ENROCHEMENTS	34
B. OUVRAGE EN EPIS	40

	Pages
Chapitre <u>IV</u> : Analyse des coûts.	46
I CÔUT DE LA SOLUTION PROVISOIRE	47
II CÔUT DE L'OUVRAGE EN ENROCHEMENTS	48
III CÔUT DE L'OUVRAGE EN EPIS.	49
Conclusion ET RECOMMANDATIONS.	51
ANNEXES	54
BIBLIOGRAPHIE	66

REMERCIEMENTS.

- Je ne pourrai, commencer, à rédiger mon projet sans adresser mes sincères remerciements à :
- Monsieur André Paris pour ses conseils et ses recommandations pertinents; pour sa disponibilité;
 - Monsieur MBAYE Diagne, mon directeur de projet pour la qualité des entretiens, que nous avons eus durant toute l'année;
 - Monsieur NDOUR des TRAVAUX Publics de Rufisque.
 - L'ensemble des élèves de la 7^e Promotion de l'école Polytechnique de Thiès
 - Monsieur Joseph Gabriel Sambou pour son soutien constant.
 - Toutes les filles de la 11^e promotion pour leur collaboration franche.
 - Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la mise sur pied de ce modeste travail.
 - Mes remerciements Posthumes iront aussi envers M^r MBAYE Sall, dont la mort me fut annoncée, au moment où, dans le cadre de projet, j'exploitais des documents qu'il a rédigés.
- Je remercierai aussi M^r Pathe Guèye Ancien élève de l'école.

Sommaire

Le projet consiste à étudier un système de protection contre l'avancée de la mer sur la Départementale D711 et, dans la ville de Joal. Notre étude a été articulée autour de quatre axes:

1. Un diagnostic de la situation
2. Une étude sur le médium.
3. Les solutions proposées
4. Une analyse sommaire des coûts des différentes solutions.

Le souci permanent qui nous a guidés, a été de concevoir un ouvrage performant, économique et efficace; c'est à dire à la dimension des moyens financiers du Sénégal.

La méthodologie employée consistait en:

- lecture des différentes correspondances établies à ce sujet
- Visite sur les lieux.
- Les entretiens
- une recherche bibliographique.

Dedica ce

Je voudrai dédier ce modeste travail.

A ma Grand-mère, Katy ARANE Gisse

A mon Père, Bana Diakhali

A ma mère, Ramatoulaye Dème

A ma famille ; A tous les éléments du "Banc"

A Aïssatou Diallo

A tous ceux qui à travers le monde luttent contre
l'injustice et l'inégalité entre les hommes.

" L'homme doit être maître et possesseur
de la nature "

Descartes

INTRODUCTION

La mer a toujours joué un rôle vital dans la vie des populations côtières. En effet de par ses ressources, elle a contribué pour une large part dans l'alimentation de l'homme. Aujourd'hui avec les progrès réalisés dans les méthodes de détection des richesses, il a été établi que la mer recèle d'énormes potentialités minières. Elle constitue, ainsi, pour l'homme, une réserve quasi inépuisable de matières premières.

Elle a aussi joué un rôle important dans l'interpénétration des peuples et des civilisations. En tant que voie de communication, elle a joué un rôle de courrier de transmissions entre les peuples.

Mais, à l'instar de toute les richesses naturelles sa maîtrise et son exploitation rationnelle requièrent un effort constant de la part de l'homme. C'est d'ailleurs, cette dialectique de l'action entre l'homme et la nature qui est à la base de tous les progrès technologiques.

C'est ainsi que les populations riveraines ont eu à s'opposer, depuis très longtemps, aux caprices de la mer.

Actuellement, le problème de l'avancée de la mer

qui touche une large bande du territoire Sénégalais allant du Sud de Dakar jusqu'à la Petite Côte. et même, au delà, est devenu une préoccupation majeure tant pour les autorités que pour les populations côtières. Ces populations, qui se trouvent actuellement menacées, dans leurs activités socio-économiques.

Physiquement, ce phénomène se manifeste par une érosion marine qui provoque une modification du profil de la côte et une avancée de la mer. Il menace certaines infrastructures très importantes dans la vie du pays (bâtiments industriels, routes).

Les protections délabrées que l'on rencontre sur les plages, à Rufisque et à Joal, montrent que ces attaques marines ne sont pas de date récente. Mais le problème a pris de l'ampleur ces dernières années causant, ainsi, des dégâts à Rufisque, N'bour et Joal.

La figure 1, qui montre le type de plage que l'on rencontre de Dakar à Joal prouve qu'à l'exception de la Presqu'île du Cap Vert, véritable bastion rocheux très résistant, seuls quelques affourlements rocheux, inégalement répartis délimitent des zones de côte basse, où la mer a profondément pénétré

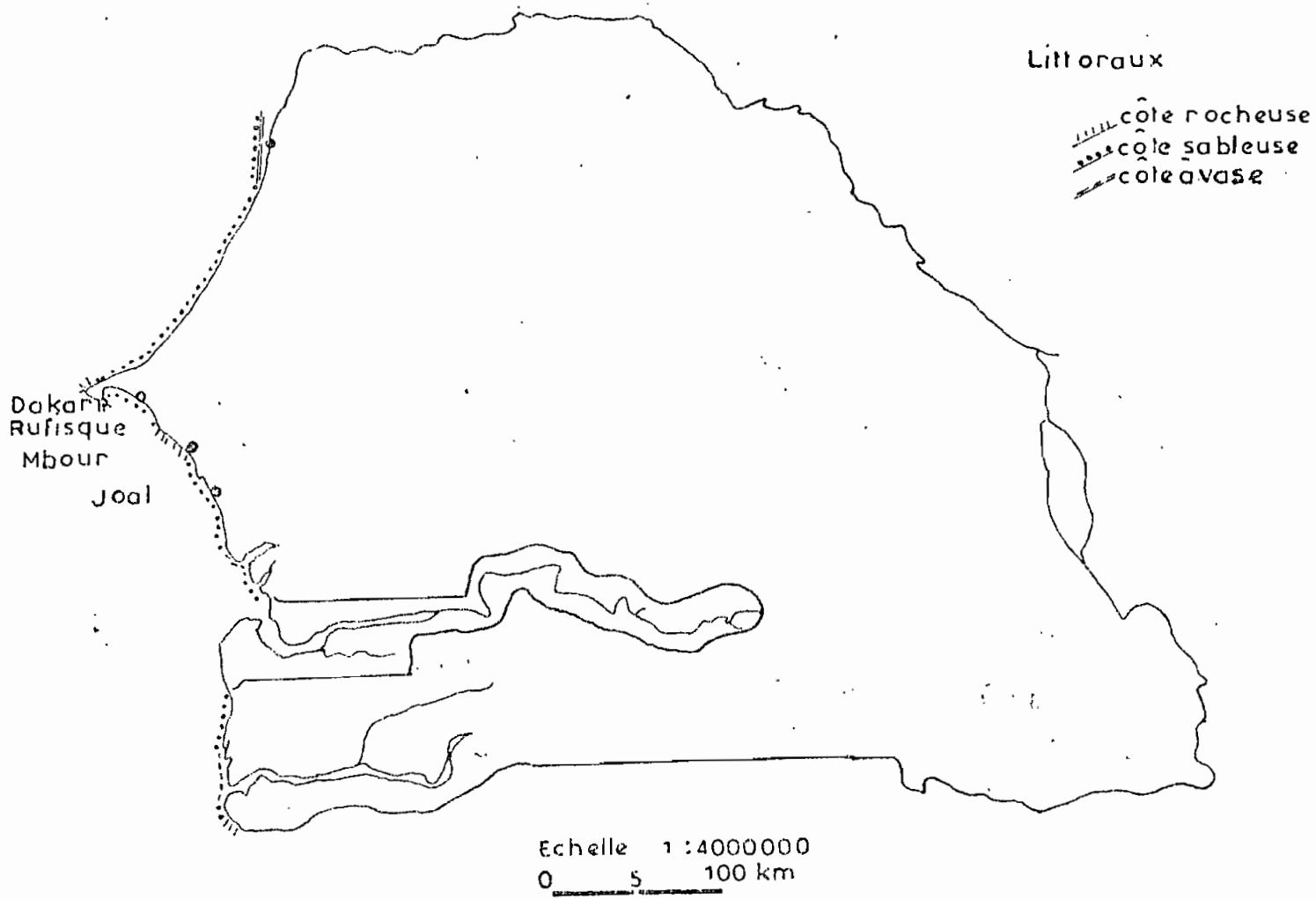


Fig 4 : carte du Sénégal
situation géographique des principales
villes concernées par l'étude

CHAPITRE I

DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE

Les enquêtes réalisées, au niveau des populations, l'observation des photographies récemment prises, la lecture de la correspondance établie, au sujet de la protection de la ville de Joal, contre l'avancée de la mer nous permettent d'avoir des précisions sur les différentes phases du problème.

En effet, depuis 1974, la protection de la départementale 5711 et de la ville de Joal est devenue une préoccupation permanente des autorités et des populations locales.

Pour la route départementale 5711, il s'agissait de préserver la route bitumée, contre l'avancée de la mer. D'importants dégâts ont été causés, dans le corps même suite à des attaques répétées de la mer. C'est ainsi que la ville de Joal se trouve menacé d'isolement, du reste du pays.

Les quartiers de Joal qui se trouvent en bordure de la mer sont victimes des assauts répétés, des vagues. Ainsi plusieurs populations riveraines se trouvent plongées dans l'insécurité et la désolation.

Les premières attaques, les autorités, sous l'égide du service régional des Travaux Publics, ont réagi en essayant d'assurer la protection de la zone menacée.

malgré des moyens très modiques.

C'est ainsi qu'il a été réalisé sur la D711 (entre NGAZOBI et JOAL) un mur de protection d'une longueur de 296 m. Les travaux ont été réalisés en deux phases.

En 1974 une protection d'une longueur de 170 m a été réalisée. Cette première section du mur consistait en une digue de section trapézoïdale de grande base 5 m, de petite base 3 m et de hauteur 1.80 m. Elle était confectionnée à l'aide d'un mortier de ciment dosé à 200 kg et moulé dans les sacs de jute. Cette maçonnerie reposait sur un béton de forme de 2 cm d'épaisseur. Ce béton était dosé à 150 kg/m².

Suite aux attaques des vagues et de l'érosion marine, les sacs de jute formant des moules se sont ouverts et dispersés. Ainsi se sont formés des vides de joints horizontaux et verticaux. Cette situation a abouti à une perte de monolithisme et de stabilité. L'eau a pu ainsi s'infiltrer sous la fondation et entre les joints, créés pour faire basculer le mur. Pour faire face aux effets de l'infiltration des eaux marines, l'idée qui consistait à réaliser une fondation para fouille a été retenue. Cette para fouille était de 50 cm de profondeur et 30 cm de largeur et s'étendait sur toute la longueur attendue. Tous

les sacs qui étaient tombés ont été récupérés et remagasinés. Les vides ont été bouchés grâce à un béton dosé à 350 kg formant un parement assez étanche. Cette opération a duré du 3 Mars au 19 Avril 1975, soit 47 jours.

Pour une protection plus efficace, il a été retenu d'étendre le mur de 43 m du côté de N'gazobil et de 83 m du côté de Joal. Ce qui fait une longueur additionnelles de 126 m. Ces travaux ont consisté en la construction d'une digue formée de gros blocs de latérite revêtus par un parement oblique en maçonnerie. Cette maçonnerie était fondée sur une plate forme de béton de 10 cm d'épaisseur solidaire d'une parajoulle de 50 cm d'épaisseur et 30 cm de large. Des gradins permettant d'accéder à la mer sont installés à certains endroits. Cette phase s'est étalée du 20 Avril au 28 Juin 1975. Actuellement sous la poussée des vagues, le mur de protection s'est désagrégé et le parement étanche s'est disloqué et les blocs de latérite se sont dispersés. Des travaux de réparation sont actuellement en cours. La cause principale de la destruction du mur réside dans le fait que on pas prévu un système de dilution de l'énergie charriée par les courants marins. Compte tenu du fait que ces courants constituent des ondes. Il fallait prévoir un ouvrage de protection comportant

des discontinuités sur sa surface. Ces discontinuités peuvent être créées par des perforations.

Ensuite en 1976 il y'eut une menace d'érosion de la route. Pour la contrer un ouvrage de protection de 43 m a été construit. La technique utilisée consistait en la réalisation d'une digue en gabions métalliques de 1 m d'épaisseur. Les gabions de $2 \times 1 \times 1$ de dimensions étaient remplis de moellons de laterite. Ces gabions ont été posés au niveau -0.5 pour éviter les affouillements, par conséquent l'effondrement du mur. (fig. 2).

En Octobre 1976, il y'avait une grande marée qui avait causé la destruction de l'ancien mur sur 60 m et le basculement de la digue de gabions. Ses travaux de réparation furent alors réalisés pour parer à tout risque d'érosion du Corps de la chaussée. C'est ainsi que:

- derrière l'ancien mur qui s'est effondré, on a réalisé une protection en gabions métalliques. Les débris de l'ancien mur, constituaient de ce fait un enrochement qui diminuait ainsi la force et l'énergie que généraient les vagues et les marais.

La digue de gabion fut renforcée par une rangée supplémentaire de gabions métalliques. Cet ouvrage

a été prolongé : de 15m pour parer à d'éventuelles attaques des eaux. Ces travaux ont duré du 25 Octobre 1976 au 14 Janvier 1977.

Malgré cela il y'a toujours des menaces d'érosion marine. Parfois avec l'ampleur des marées l'eau atteint la plateforme de la chaussée. Ce qui peut provoquer des ravines sur les accotements et des dégradations de la chaussée. C'est ainsi que des brises ont été aussi installés le long de la berge. Ces brises devraient servir de brise lame. Ils ne sont pas très pertinents par rapport à la situation.

Les gabions métalliques, aussi, sont constamment menacés dans leur intégrité, à cause de la corrosion.

Pour Joal, il s'agissait de protéger le quartier riverain qui était le plus menacé. Pour cela il a été réalisé une digue en gabions plastifiés de section trapézoïdale ($5 \times 3 \times 2.5$) avec des gradins donnant sur la mer et servir par la même occasion de brise vague. Cette solution semble durer puisque les gabions plastifiés résistent davantage à la rouille.

Cette étude historique nous a permis de faire deux constatations pour l'adoption de la solution finale.

Premièrement toutes les destructions ont eu pour cause essentielle une perte de stabilité, et de monolithisme. Ceci est dû au fait qu'il n'y a pas eu une dissipation de l'énergie dans le cas des digues etanches en béton. Au contraire avec la réflexion des vagues il y'a augmentation de l'intensité des forces marines. La corrosion peut être considérée comme un point important dans l'étude.

Deuxièmement on a pu remarquer que la latérite en tant que matériau présentait une résistance acceptable à l'action des eaux marines.

A2.

CHAPITRE II

CONNAISSANCE DU MEDIUM

I GENERALITES

La mer est le lieu d'actions et de situations diverses et superposées. Ces actions, créent, certains mouvements.

Il y'a, des mouvements oscillatoires à période plus ou moins grande. Ils se manifestent par une seule continue d'ondulations se propageant en lignes parallèles de façon sensiblement uniforme vers les côtes. Leur période varie de 3 à 20 secondes. Ils constituent la houle.

Il y'a aussi les mouvements oscillatoires à période plus longue de 6 à 12 heures. Ils se manifestent par une variation plus ou moins périodique du niveau de la mer. Ils sont d'origine astronomique (attraction de la lune et du soleil sur les particules d'eau). Ils constituent la marée.

II LE VENT

La connaissance de l'action des vents est importante. Le vent constitue la cause principale de la houle.

Les vents qui soufflent sur la côte du Sud de Sakar à la petite côte sont, généralement modérés et leur vitesse ne dépasse guère 10 m/s.

Les vents les plus fréquents sont les Alizés, qui parfois disparaissent au profit de l'harmattan, vent

chaud et sec soufflant à basse altitude en provenance du secteur Est.

III LA HOULE

La mer, sous l'action des vents, est le lieu de mouvements oscillatoires de courte période. Ces mouvements portent le nom de houle. La houle est caractérisée par :

- sa longueur d'onde L , distance moyenne entre deux crêtes ou deux creux.
- sa période T , écart entre le passage de deux crêtes ou de deux creux successifs.
- Sa vitesse de propagation V : vitesse moyenne de propagation vers les côtes.

Son amplitude (moyenne ou maximum), qui est la dénivellation h entre les creux et les crêtes

La cambrure d'une vague est le rapport H/L . C'est une caractéristique importante puisque plusieurs propriétés, sont repérées, grâce à son utilisation.

Sur point de vue théorique la houle peut être étudiée comme une onde. Sa courbe représentative peut être considérée comme une trochoïde qui est la trajectoire décrite pour un point situé sur la circonférence d'un cercle lorsque celui-ci roule sur une droite. Sur point de vue de notre étude, nous intéressons

surtout, aux houles déferlantes. Le déferlement d'une vague intervient quand la vitesse des particules à la crête de l'orbite est supérieure à la vitesse v de propagation de la vague. Il provoque sur une paroi verticale ou une plage débarassée d'obstacles :

- Une pression brutale et instantanée, au moment du déferlement, la gifle ;
- Une variation de pression, continue (le bourrage) pendant la durée du déferlement. Cette variation de pression n'atteint jamais la hauteur piézométrique h' de la lame déferlante (50 à 75%).

La variation de pression due à la gifle atteint 4 fois la variation de pression due au bourrage. La conception se fait généralement, en limitant la gifle à 20 t/m^2

Il faudra noter, aussi qu'au moment du déferlement on assiste à un phénomène de transfert de masse.

La houle nous intéresse aussi par le rôle qu'elle joue, dans le modelage des plages. Sous leur action la mer remue sans cesse les matériaux. Elles les classe suivant leur granulométrie en rejetant vers le large les matériaux les plus fins. Progressivement la plage se déplace suivant un certain profil. Il y'a transport de sable suite à

à l'érosion. Le sable peut se déplacer soit parallèlement au rivage soit perpendiculairement au rivage. Le mode de construction utilisé pour la défense dépend en partie du sens de transport prédominant sur la côte considérée.

Dans le cas des houles déferlantes, la réflexion n'est pas un paramètre central. Puisqu'à au moment où la houle déferle, elle perd ses caractéristiques d'onde.

Tout ceci prouve que, pour avoir une bonne idée de la houle il faut faire des mesures locales grâce à des houlographes.

Il est aussi intéressant de pouvoir prévoir les houles. C'est dans ce but que les océanographes ont développé la formule suivante:

$$P(H) = \frac{2H}{H_q^2} \exp\left(-\frac{H^2}{H_q^2}\right)$$

H_q est calculée à partir des hauteurs de N lames successives numérotées de 1 à N

$$H_q^2 = \sum_{i=1}^N H_i^2$$

H = hauteur de la vague pic

$P(H)$ = probabilité d'une houle de hauteur H

IV LA MAREE

La marée est le mouvement périodique qui affecte le niveau général des mers et des Océans.

Elle est due à l'attraction que la lune et le soleil exercent sur les particules d'eau.

L'action de la lune est prédominante. Elle se manifeste par une oscillation d'amplitude de tues

variable et de période de l'ordre de grandeur de la journée ou de la demi journée.

Pour bien comprendre le phénomène il convient de donner les définitions suivantes:

- Haute mer : pleine mer ou pleine l'étale supérieure.
- Basse mer : l'étale inférieure
- Amplitude ou manège : différence de niveau entre les étales des pleines et basses mers.
- Flux ou joot : Partie de la marée pendant laquelle le niveau monte vers l'étale supérieure par opposition au reflux ou jusant.

La marée peut être décrite par une équation de type :

$$H = \frac{a}{2} \sin 2\pi \frac{t}{T}$$

a = amplitude

T = période de la marée.

Sur les côtes sénégalaises la marée dépasse rarement la hauteur de 1,50 m.

V CONNAISSANCE DE L'EAU DE MER

L'eau de mer est très agressive, aussi bien pour les mortiers de béton que pour les aciers et sur beaucoup de matériaux. Il faut donc, avoir une bonne connaissance de ses propriétés chimiques, pour le choix des matériaux, constituant les ouvrages maritimes.

a) Generalités.

L'eau de mer a une densité moyenne de 1.026 et contient 35g de sels en dissolution. Ces 35g de sel se répartissent, comme suit :

Chlorure de Sodium	27g.
Chlorure de Magnésium	3.5g.
Sulfate de Magnésium	2g.
Sulfate de Calcium	1g.
Chlorure de potassium	0.5g.
divers	1g.

Au large, l'eau de mer est légèrement alcaline. (PH = 7.7 à 8.4). La température de la mer subit moins de variation que la température du continent. Elle est pratiquement, constante jusqu'à une centaine de mètres de profondeur.

b) Action Corrosive de l'eau de mer.

Presque tous les liants hydrauliques sont attaqués par l'eau de mer. Cette attaque est d'autant plus

forte que les ouvrages sont exposés aux marées et aux vagues. L'attaque du ciment par l'eau de mer s'effectue en trois phases.

- Hydratation de la chaux libre avec accroissement de volume (gonflement des bétons).
- Combinaison du sulfate de magnésium avec la chaux hydratée (ramollissement).
- Formation de sel de Candlot avec gonflement important ($Al_2O_3, 3CaO, 3SO_4Ca, 30H_2O$) (aluminat sulfotricalcique), la fixation de 30 molécules d'eau entraînant une augmentation de volume considérable.

Les ciments qui contiennent les puzzolanes sont les plus résistants. Bien que le processus de dégradation des liants hydrauliques ne soit pas entièrement maîtrisé actuellement, on peut avancer quelques remarques pour ralentir le phénomène. C'est ainsi qu'on peut dire que la compacité du béton, son serrage lors de la mise en œuvre, la granulométrie des agrégats ont une grande importance. La porosité d'un béton favorise sa destruction.

L'eau de mer attaque aussi fortement les aciers. La corrosion est surtout accélérée par la présence de zone de faiblesse. La ligne de séparation

air-eau de mer est particulièrement exposé.

La meilleure protection est la galvanisation, mais elle est coûteuse. Les paramètres importants pour la protection par peinture sont : l'épaisseur et le nombre de couches, l'entretien, la préparation minutieuse des surfaces, de telle sorte qu'il n'y subsiste aucune trace de calamine ni de rouille.

En présence d'eau de mer, le béton armé risquerait de gonfler et d'edater par suite de la rouille. Pour faire face à cette situation il faut employer des bétons serrés avec une bonne granulométrie, assurer un enrobage d'au moins 8 cm. Il faut aussi bien étudier les sollicitations que subira l'ouvrage durant son existence afin d'éviter les fissures (causées par les chocs et les impacts produits par les vagues). Compte tenu de la longueur assez grande des ouvrages de protection il faut porter un soin particulier à l'étude des joints, des articulations, de l'effet des variations de température (dilatation, contraintes internes). Il faut aussi éviter les points de stagnation de l'eau de mer.

Quant aux bois, ils ne sont pas attaqués chimiquement par l'eau de mer. Ils sont sujets au pourrissement dû au cycle de mouillage et séchage. Le bois est aussi attaqué par la flore et la faune. Pour éviter

cela il faut utiliser le Teck, l'Okoumé, l'Azobe qui sont des bois impétrissables. La durée de vie des ouvrages maritimes en bois est estimée à dix ou quinze ans.

Les roches sont aussi l'objet d'attaques des eaux marines. Les principales qualités requises pour un enrochement sont sa compacité, sa densité et sa dureté. Les matériaux issus du volcanisme (granit, basalte), à cause de leur dureté demeurent les plus efficaces pour les ouvrages maritimes. Il faut, autant que possible, limiter l'emploi des matériaux argileux qui se décomposent vite devant la force de la houle.

VI SITUATION PHYSIQUE DU MILIEU

Pour bien dimensionner un ouvrage maritime, il est indispensable d'avoir quelques données sur la situation physique du milieu.

À Zol, nous sommes en présence d'une plage sableuse qui ne présente donc pas aucune résistance face à l'avancé de la mer. Sous l'action de la houle on assiste à un transport longitudinal du sable.

Lors de la visite effectuée sur le site le Mardi 26-12-1983 nous avons pu avoir quelques données.

Ainsi nous avons pu établir la longueur à protéger. Cette longueur de 1300 m a été répartie, comme suit: 400 m pour la route de Soal et 900 m pour le village. On a pu aussi avoir la pente de la plage qui est de $1/20$.

Les renseignements nous ont aussi montré que l'avancée de la mer atteint son maximum (0.4 m par jour) entre le 13 septembre et le 28 septembre.

Il est important de noter que la mer avance plus rapidement sur les lieux où il n'y a pas d'ouvrage de protection. On assiste à une accélération du mouvement des plages. Ce qui confirme l'idée selon laquelle tout ouvrage, placé sur la plage, modifié, de manière considérable, le profil d'équilibre de celle-ci.

CHAPITRE III

SOLUTIONS PROPOSEES

Dans ce chapitre, nous étudierons les solutions envisagées pour stopper l'avancée de la mer à Joal et sur la Départementale D 711. Il y'aura, comme preuve, une solution provisoire et une solution définitive. Dans notre étude le paramètre le plus important est l'action de la houle. Compte tenu du fait que les ouvrages seront construits sur la plage, nous considérons seulement l'action des vagues déferlantes.

I GENERALITES

Pour mener à bien un projet de dimensionnement d'un ouvrage de protection d'une plage on doit suivre les règles générales définies par le professeur Cagli et qui sont les suivantes:

“ Tout projet de défense des côtes contre la mer doit être précédé d'une étude approfondie des lieux et de tous les facteurs agissant sur la formation des côtes telle que:

- La nature et la forme de l'exposition de la côte;
- La provenance et la nature des matériaux constituant la plage, le débit des cours d'eau débouchant sur la plage;
- L'action exercée par les lames, par les courants de différentes natures, par les eaux atmosphériques.
- L'influence des nouvelles constructions faisant

saillie à la côte".

L'étude des accidents survenus avec ces genres d'ouvrages nous amène à poser les principes généraux suivants qui vont guider notre choix:

- Un ouvrage vertical, toujours susceptible de provoquer une forte érosion à son pied doit être enté. Avec ces ouvrages, les pressions exercées par les houles déferlantes sont plus sévères.

- Le risque d'affouillement reste important. Ce fait implique la nécessité d'une bonne fondation. Pour cela l'utilisation de parafouille peut s'avérer pertinente;

- Les ouvrages impémeables peuvent être soumis à une poussée hydrostatique importante. Il faut alors prévoir des dispositifs de drainage convenables, ou concevoir l'ouvrage de telle sorte que l'énergie chassée par les vagues soit absorbée.

- Il est aussi nécessaire de se prémunir contre les effets érosifs des gerbes d'eau projetées par le déferlement, en période de fortes marées, et qui tombent soit en arrière de l'ouvrage, soit en avant, créant ainsi des affouillements dangereux pour la stabilité des fondations.

Le choix de la latérite comme matériau de construction s'explique par la proximité des zones

d'emprunt

II Solution Provisoire.

Étant donné l'ampleur et la profondeur des dégâts causés par l'érosion marine sur le corps de la chaussée, il est nécessaire d'agir le plus rapidement possible. Ainsi on a envisagé, comme solution provisoire la construction d'une digue longitudinale en gabions.

1 Définition

Généralement on donne, au gabion la définition suivante :

Le gabion est une cage ayant la forme d'un parallélépipède rectangle en grillage galvanisé ou plastifié que l'on remplit de cailloux.

2 Caractéristiques du Gabion.

Le gabion est essentiellement, caractérisé par :

- Son homogénéité : il devient monolithe après consolidation naturelle en milieu aquatique. Il est donc plus efficace face à certains courants ;

- Sa déformabilité : ce caractère de souplesse permet son utilisation en zone affouillable. À cause de son manque de rigidité, il épouse les formes du terrain naturel et le suit, dans les affaissements ou tassements

provoqués par les affouillements;

- Sa perméabilité: il est essentiellement perméable. Ceci ne constitue pas un défaut. A cause de ce facteur les impacts des vagues de furantes sont réduits. Son utilisation comme matériel filtrant permet d'éviter les phénomènes de renard;

- Sa simplicité: Les ouvrages en gabions sont toujours et de réalisation simple. Cependant ils sont toujours surdimensionnés, compte tenu de l'imprécision des études analytiques. L'utilisation des gabions convenablement arrangés et reliés entre eux permet d'exécuter, avec rapidité et rentabilité, certains ouvrages de protection, contre l'érosion.

- Sa pérennité: elle est fonction de la qualité du treillis et l'attention portée à la mise en place des cailloux dans les cages métalliques. Il faut surtout éviter de blesser le fil lors de la réalisation des gabions. Car c'est par ces blessures; véritable zone de faiblesse, que commence la corrosion qui est très importante en milieu marin. C'est ce qui nous a essentiellement amené à choisir des gabions plastifiés.

3 Choix du matériau.

La laterite est tout choisie pour les raisons évoquées plus haut, il faudra veiller à ce que les blocs ne passent pas à travers les mailles. Ainsi les blocs

les blocs doivent avoir des dimensions dans tous les sens égales à 1.5 fois la grosseur des mailles.

4 Forme et dimension de l'ouvrage:

a) forme.

La structure en gradin sera adoptée pour la digue en gabions. Car il est établi que cette forme permet de réduire les pressions des vagues déferlantes et d'avoir une bonne stabilité de l'ouvrage.

b) Dimensions de l'ouvrage.

Le dimensionnement de ces ouvrages fait beaucoup intervenir le jugement, à cause du manque de résultats fournis par des études sur modèle réduit. On tient compte, le plus possible, des conditions locales. Ici nous pouvons considérer une hauteur de houle de 3 m. Ceci nous amène à proposer l'ouvrage de la figure (3).

5 Mode de Construction

a) Pose des gabions.

C'est une opération facile et à laquelle peut prendre part la population concernée. Ses principales étapes sont les suivantes:

1. Mettre le gabion à la place qu'il doit occuper définitivement dans l'ouvrage en construction. A l'aide d'une masse en bois, bien dresser les parois

du gabion en appliquant contre les parois du gabion voisin.

2. 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.

3. Mettre en place les tirants. Ces tirants auront pour but le contreventement des faces opposées du gabion.

Disposition pratique des tirants:

- pour des gabions de 1 m de haut, disposer deux rangées de tirants.

- pour des gabions de 0.5 m de haut, disposer une seule rangée.

- les tirants dans le même plan horizontal étant espacés de 0.75 m environ

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

- avant le remplissage pour les tirants verticaux
- pendant le remplissage pour les tirants horizontaux.

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

4 Remplissage.

Ici il faut distinguer le remplissage des gabions semelles (partie souple) et celui des gabions constituant

le corps de l'ouvrage.

a) Remplissage des gabions qui constituent la semelle de fondation, il faut 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 le moins de vide possible entre eux. Eviter l'emploi de trop gros matériaux pour conserver la souplesse de la semelle.

b) Remplissage des gabions qui constituent le corps de l'ouvrage:

- contre les faces intérieures de la cage, disposer un parement de gros cailloux, ne pouvant passer en aucun sens, à travers les mailles
- dans la partie centrale, remplir aussi avec de gros cailloux, mais si l'on ne dispose pas d'une quantité suffisante de gros cailloux on peut utiliser des pierres de taille plus petite. En aucun cas, 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'aîeté supérieure horizontale. La tolérance admise varie de

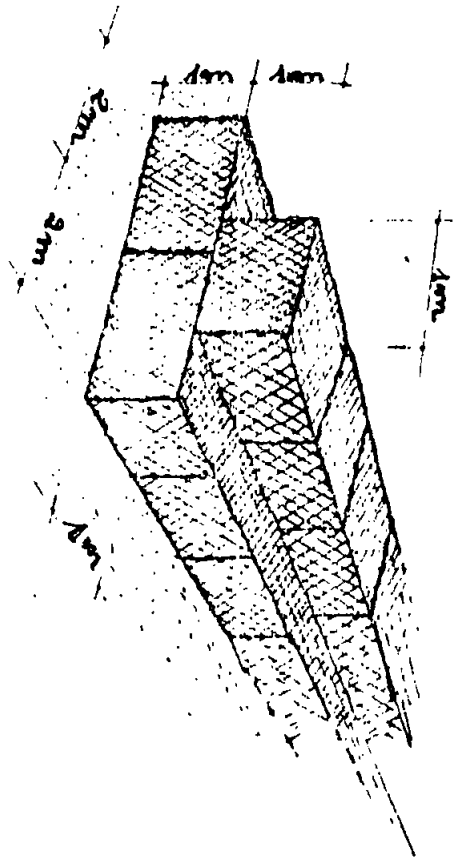


Fig PROFIL DE LA DIGUÉ EN GABIONS

de 2 à 3%. On peut damer les pierres, pour augmenter la cohésion du gabion. Mais il faut éviter de déformer les gabions.

5 Le remplissage du gabion étant terminé, rebatte le couvercle et rapprocher son fil de bordure du fil de bordure supérieur des parois verticales. 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 de 20 en 20 centimètres. On complètera le bouclage par quelques ligatures au fil de fer plastifié entre chacune de ces torsions, et en prenant autant que possible, dans ces ligatures, les fils de bordure des gabions voisins.

Attacher les tirants verticaux.

2. Quelques remarques sur la construction de l'ouvrage.

Comme, nous l'avons vu précédemment le plus grand risque que l'on peut craindre avec ces genres d'ouvrage est, celui de l'affouillement. Il faudrait donc apporter un soin particulier à la fondation. Pour cela on envisage de fouiller au niveau - 0.5 m par rapport au niveau des mers. On pourra ainsi employer des gabions semelles de 0.5 m de haut. Ces gabions semelles, grâce à leur déformabilité, pourront assurer

la stabilité de l'ouvrage en cas d'affaissement. Comme matériau filtrant, on pourrait utiliser les géotextiles qui ont de bonne performance dans ce domaine. Mais le grand problème avec ce genre de matériau, à l'heure actuelle est leur durabilité. Un autre inconvénient réside dans son caractère dispendieux.

III Solution définitive

Elle concerne les villages touchés de Zoal (Tilene) et la départementale D711. Ici il s'agit de proposer une solution à long terme. On sera guidé, dans notre étude, par les mêmes principes énoncés lors de l'analyse de la solution provisoire. Il s'agit de solutions plus énergiques. Pour la route départementale D711 la solution d'une digue longitudinale en enrochement a été retenue. Cependant une étude pour devier la route doit être effectuée afin de déterminer si la digue est une solution pertinente du point de vue économique.

Pour les villages de Zoal, compte tenu du fait que les enrochements risquent de supprimer la plage, par conséquent certaines activités socio-professionnelles aussi vitales que la pêche, on a envisagé la construction des épis.

A. Ouvrages en enrochements.

Ce sont des ouvrages courants, faciles à réaliser et à réparer. Ils sont économiques mais peu esthétiques. Ils présentent une bonne sécurité du point de vue de la ruine. Car leur destruction est rarement immédiate et complète. L'action de démolition de la lame est progressive; les blocs de la première couche sont déplacés, puis ceux de la deuxième couche et c'est seulement après que les matériaux les plus petits sont exposés à l'attaque des lames et le phénomène devient alors irréversible. Mais les premiers blocs qui se sont détachés de l'ensemble deviennent des dissipateurs d'énergie de la houle. Leur réparation est facile si les matériaux et les engins nécessaires sont disponibles.

Cet ouvrage pourra être construit, au cas où on commençait, à noter la destruction de la solution provisoire qui consistait en un ouvrage en gabions. Il doit s'étendre sur une longueur de 400m. Il sera implanté sur la plage et sera soumis aux effets des vagues déferlantes. Le matériau employé sera aussi des blocs de latérite à cause leur disponibilité. Ici la conception se fera avec une hauteur de houle de 3m. Ceci est assez réaliste compte tenu de la nature assez calme des mers au Sénégal. Outre la hauteur des vagues, les paramètres

importants à considérer pour avoir un dimensionnement fiable de ces ouvrages sont :

- La pente du talus;
- Le poids individuel des rocs
- La forme des rocs
- Les charges qui interviennent lors de la mise en œuvre de l'ouvrage.

a) La pente du talus.

Elle est importante par la stabilité de l'ouvrage puisque les études réalisées sur modèle réduit montrent qu'elle permet une distribution moins sévère des pressions. La pente intervient aussi dans le poids des rocs. Plus elle est raide plus les rocs sont pesants. Ceci entraîne aussi une diminution de la quantité de matériau requise. Il apparaît évident qu'il faut essayer d'équilibrer la pente et le poids des blocs. La pente choisie est 1/2.

b) Le Poids unitaire des blocs.

Sous l'action de la houle de grande période les blocs de latérites ont tendance à être déplacés vers la mer. Ce phénomène peut s'amplifier et entraîner la rupture de l'ouvrage. Pour faire face à cette situation il faut que les blocs aient un poids minimal.

Ce poids est fonction de la hauteur des vagues et de la pente du talus. On peut l'estimer, à partir de la formule de IRIBAKREN

$$W = \frac{KH^3 S_r}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3 (S_r - 1)^3}$$

W = poids individuel des rocs, en Kg.

K = constante égale à 15 pour les enrochements naturels.

H = hauteur des vagues, en mètres = 3 m

α = pente du talus = 60°

S_r = poids spécifique des blocs de latérite = 2.7

donc on a
$$W = \frac{15 \times 3^3 \times 2.7}{(\cos 60 - \sin 60)^3 (2.7 - 1)^3}$$

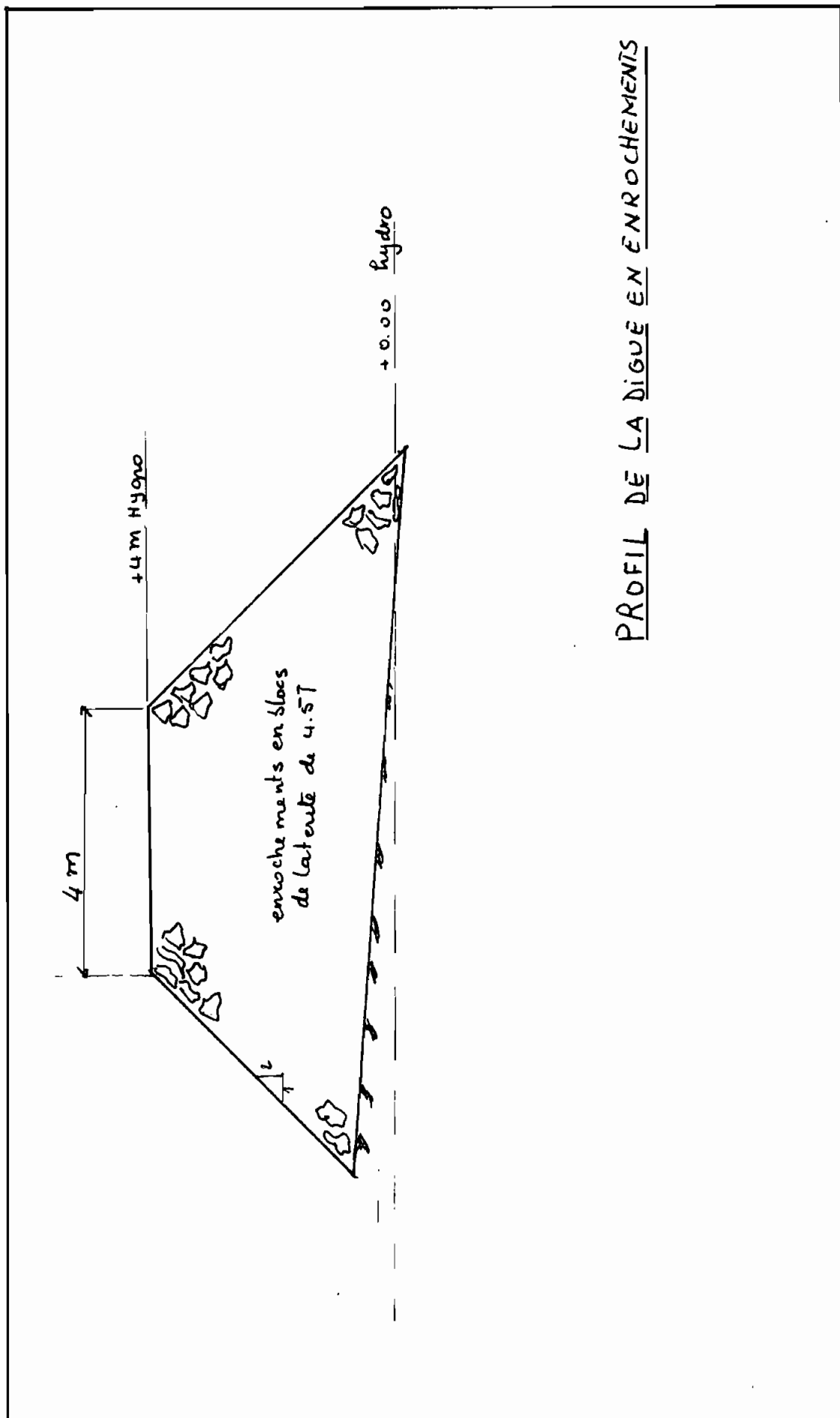
$$W = 4538 \text{ kg} = 4.5 \text{ Tonnes.}$$

c) La forme des blocs:

Elle est nécessaire pour assurer un bon enchevêtrement des rocs. Ses surfaces rugueuses permettent, d'avoir une bonne cohésion de la digue

d) Les charges de construction

La réalisation de ces genres d'ouvrage nécessitent l'utilisation d'un matériel lourd et encombrant. (grues, Camions, Grouier). Il faut donc choisir



PROFIL DE LA DIGUE EN ENROCHEMENTS

une largeur suffisante pour permettre à ces différents éléments d'opérer en toute sécurité et sans se gêner mutuellement. Une largeur de 4 m peut convenir.

e) Mise en œuvre de l'ouvrage.

L'extraction et le transport terrestre des enrochements posent des problèmes classiques: localisation d'une bonne zone d'emprunt et emploi de matériel approprié. Avec les cartes géologiques de la région de Thiès nous avons pu déterminer une zone d'emprunt située près de Joal. Il faudrait, avant d'utiliser la laterite, faire des essais au laboratoire en vue de pouvoir déterminer sa résistance vis à vis de l'érosion marine. Pour le transport on pourra utiliser des camions.

Avec ces genres d'ouvrage il faut assurer une bonne solution. Comme c'est une solution d'envergure conçue pour une grande durée de vie on peut utiliser les géotextiles pour faire face au problème d'affouillement. Ainsi on mettra le tapis de géotextile à même la plage; sans excavation. Il suffira à l'aide d'une grue appropriée d'assurer la disposition des blocs de laterite. Si les grues ne sont pas assez puissantes pour transporter les blocs prévus par la conception, on pourra diminuer le poids

des enrochement et l'accommoder à la puissance des grues disponibles. Les grues et les ouvriers se déplaceront sur la partie déjà réalisée de l'ouvrage. Pour cela il faut assurer une surface assez lisse pour faciliter ces déplacements.

Pour réaliser l'ouvrage, la saison sèche demeure la période la plus appropriée. Puisque généralement, c'est durant l'hivernage que l'érosion des côtes s'accroît à cause des fortes marées qui surviennent à cette période de l'année.

La base de l'ouvrage doit aussi être liée à l'estran de manière à éviter autant que possible l'action érosive des vagues.

Pour avoir un bon enchevêtrement des blocs on adoptera la disposition pêle mêle ou aléatoire.

Nous signalerons, enfin l'aspect fondamental d'une bonne organisation de chantier et une maintenance adéquate. En maîtrisant, on pourra réaliser des économies sur le coût de l'ouvrage.

Il faudrait aussi penser à l'entretien d'un tel ouvrage. A cet effet on pourra maintenir le principe d'une observation visuelle périodique et procéder à des recharges, si la nécessité se fait sentir. Cette facilité dans l'entretien nous a permis d'être moins sévère dans la conception

B: OUVRAGE EN EPIS

Pour les villages de Joal, nous avons retenu l'idée de la construction des épis. Il y'a deux facteurs qui ont déterminé notre choix:

- Le souci de maintenir la plage pour préserver les activités vitales pour les populations concernées: pêche, loisirs etc;
- Le fait aussi que l'érosion à Joal semble être entièrement due à des déplacements longitudinaux de matériaux.

1. Définition

Un épi est une digue plus ou moins longue, disposée perpendiculairement à la côte et destinée à s'opposer à la dérive littorale en retenant les matériaux. Leur construction ne nécessite pas toujours un matériel important et spécialisé. On réalisera les épis à l'aide de gabions en latérite.

2. Avantages.

Les avantages de ce système sont qu'il permet en tout temps l'accès aisé du rivage à la mer. Compte tenu du volume de sable important déplacé par les courants, on peut prévoir un ensablement rapide des enclaves. Le système a aussi une bonne durabilité car lorsque les enclaves sont ensablées les épis ne sont plus nécessaires et la corrosion des gabions n'est pas

préjudiciable à l'ensemble. Il ne nécessite pas d'entretien, tout au plus une vérification des gations, de temps à autre et un nettoyage.

3. Dimensionnement

Les paramètres importants à déterminer sont :

- l'espace entre deux épis;
- la longueur des épis;
- la hauteur des épis

a) Espace entre deux épis (e)

On choisira un espace d'environ 70 m pour favoriser l'exercice de la pêche collective.

b) La longueur des épis (l)

L'expérience montre que les épis produisent les résultats désirés avec un écartement compris, suivant les circonstances entre leur propre longueur et une fois et demi cette longueur. Avec un écartement de 70 m on a une longueur de [] 47 m

c) La hauteur des épis (h)

La hauteur des épis dépendra du niveau de la marée haute. En aucun cas l'épi ne doit être submergé par les eaux. La hauteur des marées étant sensiblement égale à 1 m 50, on choisira une hauteur [] de 2 m pour l'épi.

Pour chaque épi on aura la même section en travers que celle de l'ouvrage longitudinal en gabion.
(voir fig)

d) Mise en œuvre de l'ouvrage

Ici aussi on respectera au maximum les mêmes principes énoncés pour l'ouvrage longitudinal en gabion.

Évidemment le problème fondamental qui se pose pour les ouvrages en épi, est de savoir si leur comportement sera entièrement celui qu'on aura prévu. C'est à dire que l'ensablement escompté ne se produit pas. Pour faire face à cette éventualité on pourra prévoir une phase expérimentale. Pour cela on pourra construire trois épis et suivre de près les résultats obtenus. Si l'expérience est positive on pourra continuer à implanter les épis. Dans le cas contraire on se tournera vers d'autres solutions. On pourra aussi dans ce cas revoir les dimensions de l'ouvrage.

IV AUTRES POSSIBILITES DE SOLUTION.

a) Apport artificiel.

Cette méthode a reconstituer la plage par apport artificiel et périodique de sable. Ce sable doit être prélevé le plus loin possible de la zone à protéger et de préférence en mer. Le travail.

nécessité un matériel lourd et spécialisé. C'est un procédé onéreux.

b) Protection par plantation de filaos.

Elle peut être intégrée dans la politique de reboisement lancé par le gouvernement Sénégalais dans le cadre de la lutte contre la sécheresse et la désertification. Les filaos utilisés par les forestiers pour fixer les dunes et le mouvement des plages, formeront un cordon efficace contre l'érosion marine et éolienne.

C'est un procédé dont la réalisation n'est pas très coûteuse. Mais quand la plantation est dans sa phase de pépinière, elle nécessite des soins particuliers pour l'entretien et la surveillance. L'expérience montre que c'est un système efficace. Il pourra surtout être utilisé à l'extérieur de Joal. Ces zones pourront être rentabilisées par l'installation d'infrastructures de loisirs pour les touristes. Ceci entrera dans le cadre de l'aménagement de la Petite Côte.

c) Revêtement de plage.

Ce procédé aura comme corollaire la déviation de la Départementale D711. C'est un procédé intéressant parce que les solutions envisagées sont peu onéreuses. Il est donc nécessaire de voir s'il n'est pas plus rentable de devier la route.

Ce système consistera à revêtir la plage par des blocs de pierre appropriés. Ces blocs de pierre pourront servir en même temps de stabilisateurs du profil de la plage et de système de dissipateur de l'énergie caractérisé par les vagues de ferlantes.

Leur inconvénient majeur est la perte de plage qu'il occasionne. Certaines formes d'activités socio-économiques se feront difficilement sur ces genres de plage.

d) Utilisation des blocs de béton

Parfois les conditions physiques du milieu peuvent imposer des poids de blocs en enrochement très élevés. Ce qui n'est pas très commode si on ne dispose pas d'un système de manutention adéquat.

Pour faire face à cet état de fait il a été conçu un bloc de béton spécial. Outre qu'il a une bonne résistance mécanique, à cause de la présence d'une armature en acier, il augmente la stabilité de la digue en permettant un meilleur enchevêtrement des différents éléments constituant cette digue. Une des formes particulières de ces blocs de béton est le tétrapode. Grâce aux tétrapodes permettent de réaliser des carapaces particulièrement rugueuses, qui absorbent l'énergie de la houle et qui ^{ont} un faible.

pouvoir réfléchissant.

D'après R. HUDSON (U.S.A) la stabilité d'une tetrapode de poids P suivant une pente d'angle α est obtenue à la condition suivante :

$$P = \frac{d H^3}{8.3 \left(\frac{d}{d_0} - 1 \right)^3 \cot \alpha}$$

P = Poids du tetrapode.

H = hauteur de la houle de projet

d = Poids spécifique du beton

d_0 = Poids spécifique de l'eau de mer.

En general, ces éléments sont prefabriqués. Ils constituent à l'heure actuelle la technique de pointe dans le domaine des travaux maritimes. C'est un procédé qui est donné à titre d'information. Il est trop onereux pour être pertinent pour le cas du Senegal. Il est cependant intéressant pour certains portuaires tels que les brises-lames.

CHAPITRE IV

ANALYSE DES COUTS

Le but de ce chapitre est de donner une analyse sommaire des coûts de réalisation des différentes solutions prévues. Les coûts de réalisation ont été amoindris par le fait, que les critères du design n'ont pas été très sévères. Il faudrait cependant prévoir des coûts d'entretien plus élevés. Il est à noter qu'il est très difficile d'estimer exactement le coût de ces différentes solutions puisqu'il y a beaucoup de variables qu'il faudrait considérer dans l'analyse économique.

I COUT DE LA SOLUTION PROVISoire.

La solution provisoire consistait en une digue longitudinale, construite sur \varnothing une longueur de 400 m.

Pour évaluer le coût de cet ouvrage plusieurs paramètres doivent être considérés. Parmi ces paramètres nous citerons particulièrement :

- Le prix du Gasion
- Le prix du matériau à la mine.
- Le Prix du transport du matériau.
- Le Prix de la main d'œuvre.

D'après certaines enquêtes et la lecture de différents écrits réalisés sur les ouvrages en gasion, nous avons

pu, compte tenu des différents paramètres précités, évaluer le prix du gabion à 30.000 F. CFA. D'après notre profil il nous faut trois gabions par mètre linéaire. Donc pour l'ouvrage entier on aura :

$$(30.000 \times 3) \times 400 = 36000000 \text{ F CFA}$$

Ce coût peut être réduit par deux facteurs :

- Une bonne organisation du chantier et une bonne surveillance.
- La sensibilisation de la population sur l'importance du projet pour leur ville. Compte tenu aussi du fait que les ouvrages en gabion sont de réalisation simple, on pourra mobiliser les populations dans la main d'œuvre, durant par exemple les fins de semaine. Ceci pourra diminuer fortement le prix de l'ouvrage en réduisant le prix de la main d'œuvre. A long terme, ce facteur peut avoir des influences positives sur le coût de l'entretien.

II COÛT DE L'OUVRAGE EN ENROCHEMENTS.

Ce coût est très difficile à estimer parce qu'il est quasi impossible de déterminer à priori le coût des différents facteurs dont il faut tenir compte dans l'évaluation du projet. Ces facteurs sont :

- Le prix des enrochements ;
- Le transport des enrochements ;

- Le coût de la manutention;
- Le coût du géotextile employé comme filière;
- Le coût de la main d'œuvre.

La consultation de projets similaires nous a permis d'évaluer le prix de construction du mètre linéaire à 500 000 F CFA. Ce prix est très lié à la qualité de l'organisation du chantier. En effet il faut surtout essayer d'optimiser le travail des grues parce qu'elles consomment de l'énergie non négligeable. Il dépend aussi de la nature du terrain. Puisqu'il est essentiellement basé sur un calcul de volume. Dans les zones où la plage a une forte pente on a un volume plus petit que celui des zones de pente faible.

En retenant ce prix on obtient pour un ouvrage long de 400 m le coût suivant

$$500\,000 \times 400 = 200\,000\,000 \text{ F CFA.}$$

III COUT DES EPIS

On adoptera la même analyse que celle employée pour évaluer la digue longitudinale en gabions. Dans l'ensemble on tiendra compte des mêmes paramètres.

Ainsi le prix d'un épi long de 47 est égal à :

$$47 \times 3 \times 30.000 = 4230000 \text{ FCFA.}$$

or nous avons une longueur de 900 de plage à protéger ; ce qui fait un nombre d'épis égal à

$$\frac{900}{70} + 2 = 15 \text{ épis}$$

Donc on obtient un coût global de :

$$4.230.000 \times 15 = 63.450.000 \text{ FCFA.}$$

Donc, pour les trois types de solution on a un coût total de :

$$36.000.000 + 200.000.000 + 63.450.000 =$$

$$299.450.000 \text{ FCFA.}$$

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Aujourd'hui il apparaît clair que face au problème de l'avancée de la mer il faut des solutions énergiques et raffinées qui doivent tenir compte des réalités socio économiques du Sénégal en général et de la zone touchée en particulier. Pour cela des études expérimentales sur modèle réduit revêtent un aspect fondamental. En effet ceci permettra de surmonter le problème du manque de données physiques auquel nous avons été confrontés durant tout le projet.

A Joal pour résoudre le problème de l'érosion du littoral il faudrait en plus des solutions proposées:

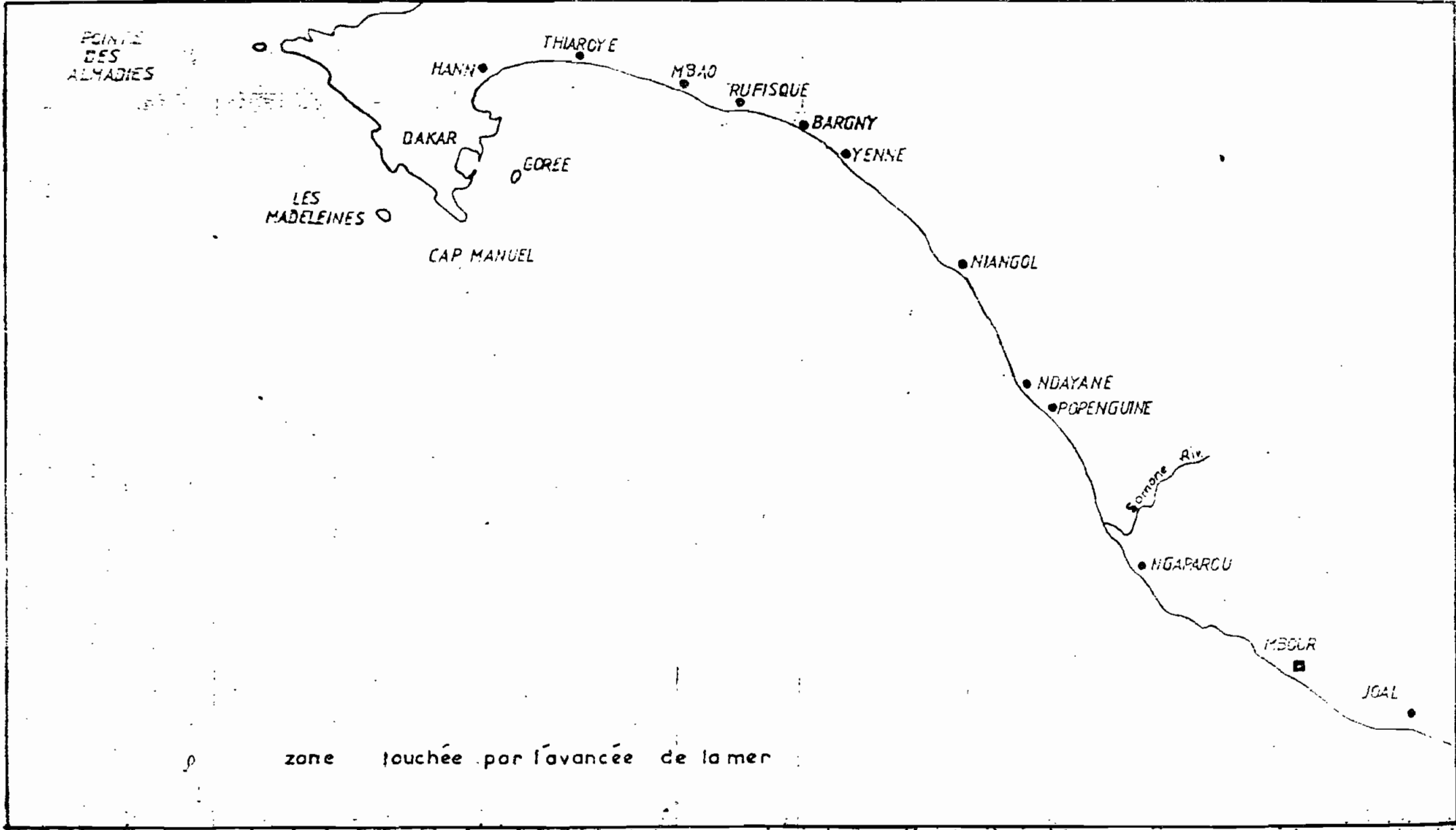
- Réglementer l'excavation de sables, parce qu'elle conduit à l'amalgissement des plages;
- essayer de déterminer exactement l'influence de toute nouvelle construction sur le profil de la berge;
- Pour la réalisation des divers ouvrages, faire une campagne de sensibilisation au niveau des populations concernées;
- Profiter de l'expérience acquise avec les travaux réalisés ou qui sont en cours de réalisation à Rufisque;

Un autre aspect à signaler est qu'il faudrait une certaine adéquation entre l'importance de la structure à protéger et les sommes à investir pour assurer cette protection. Car à notre avis, l'analyse des coûts de construction des différents systèmes proposés nous conforte dans l'idée qu'il faut envisager la solution de dévier la route. Des études économiques comparatives pourront permettre de retenir la solution la plus pertinente.

Annexes.

Tableau 1 : Données sur la situation des plages :

Désignation	Erosion	Plage		Dégâts	longueur à protéger
		Largeur	Pente		
Thiaroye sur mer	Faible	10 - 30 m	1 : 7	-	2 400 m
Petit MBao	Faible	30 - 45 m	1 : 7	-	1 070 m
Grand MBao	Faible	11 - 16 m	1 : 7	Quelques habitations	340 m
Rufisque	Assez forte	0 - 30 m	1 : 7	Grand nombre d'habitation	2 800 m
Bargny	Assez forte	15 - 25 m	1 : 8	Grand nombre d'habitation	600 m
Popenguine	Faible	20 m	1 : 8	-	500 m
Route de Joal	Moyenne	0 m	1 : 20	Protection de la route	350 m
Village de Joal	Moyenne	0 - 30-m	1 : 20	Quelques habitations	900 m.



POINTE
DES
ALMADIES

HANN

THIARCYE

MBAO

RUFISQUE

BARGNY

YENNE

DAKAR

GOREE

LES
MADELEINES

CAP MANUEL

NIANGOL

NDAYANE

POPENGUINE

Somone Riv.

NGAPAROU

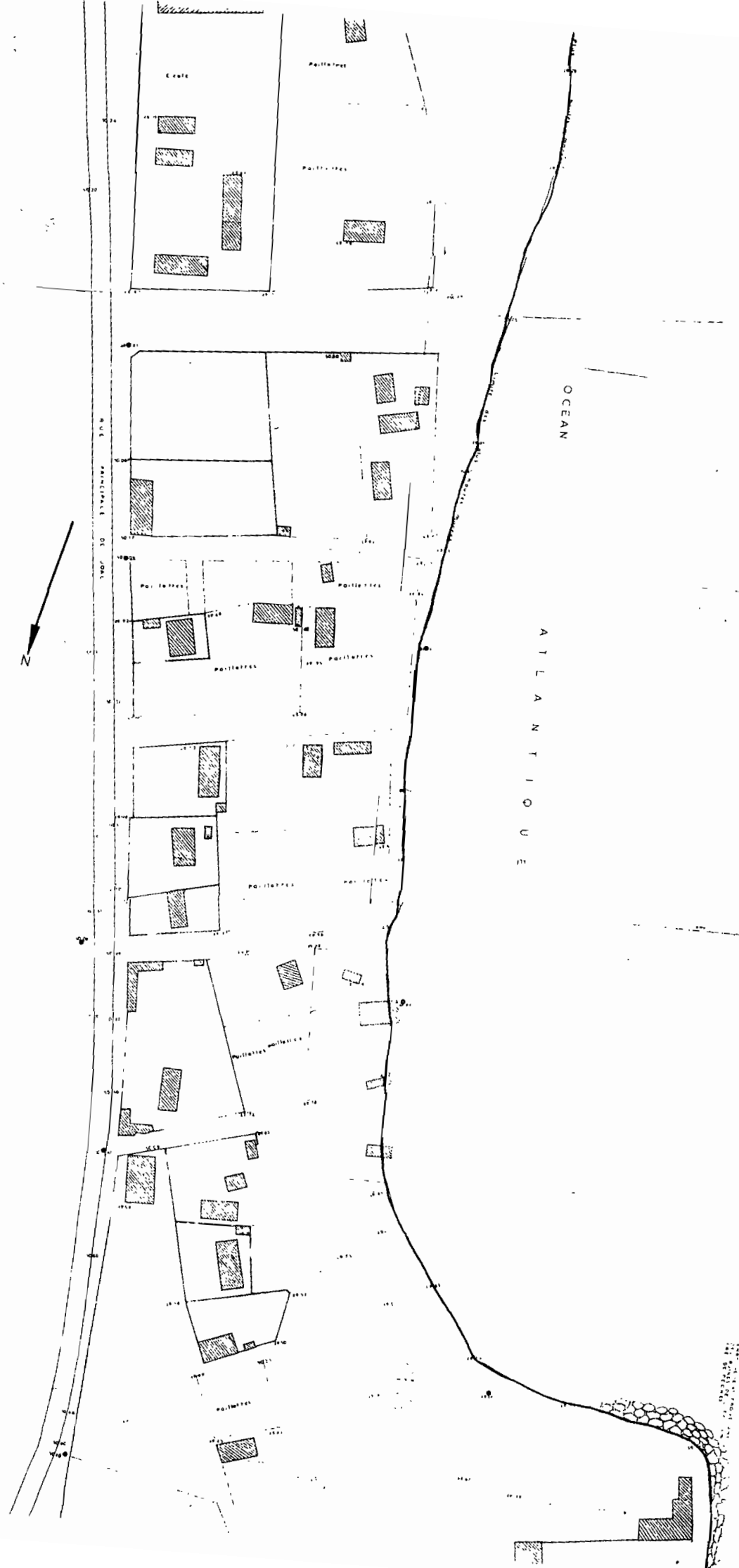
MBOUR

JOAL

zone touchée par l'avancée de la mer

56

AI TOPOGRAPHIE DE L'AVANCEE DE LA MER A SOW

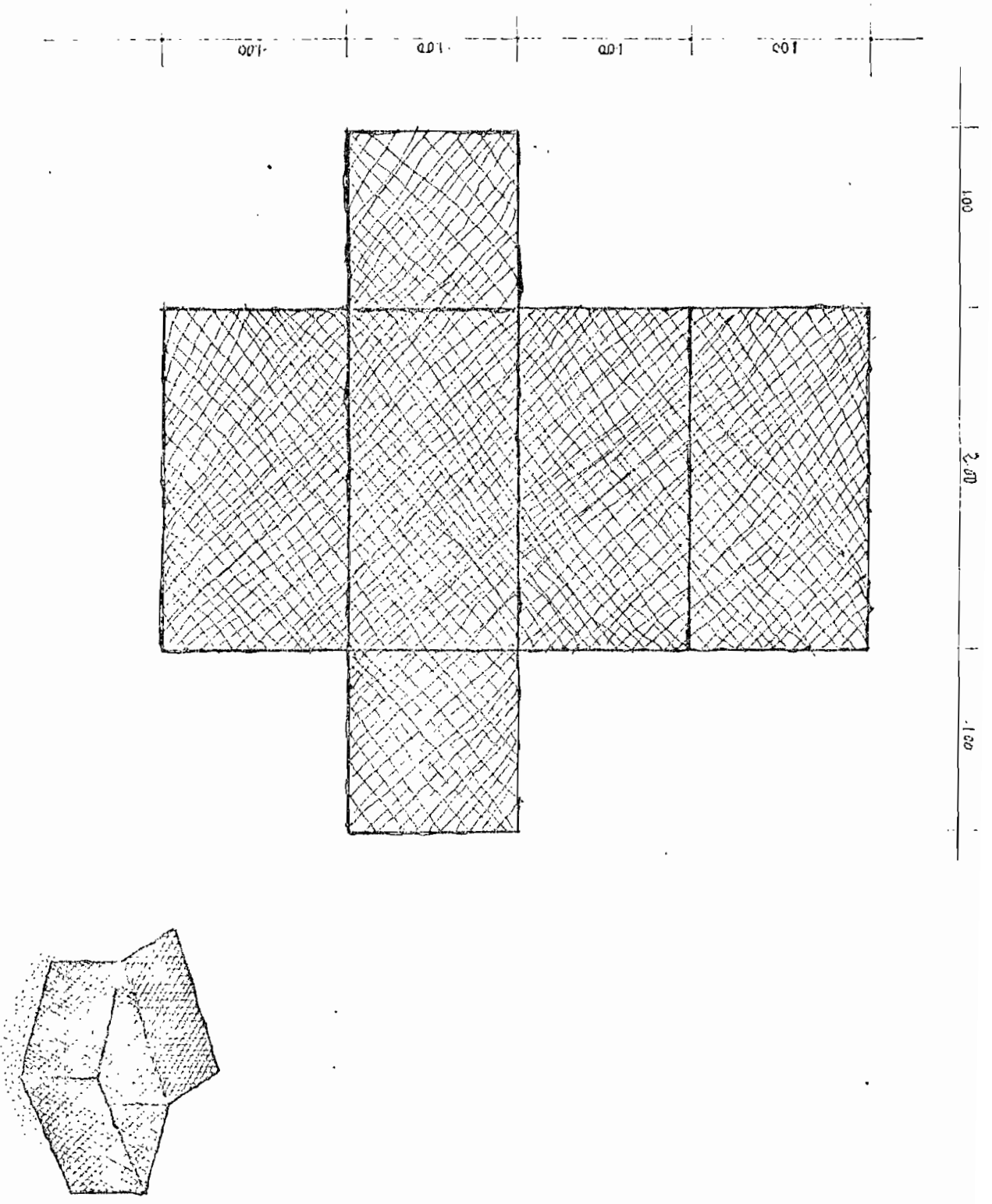


Date	Heures	Hauteur	Date	Heures	Hauteur	Date	Heures	Hauteur
	H. m.	m.		n. m.	m.		n. m.	m.
1	2 28	0,4	14	0 28	0,5	27	0 06	0,6
J	8 45	1,3		6 39	1,2		6 13	1,1
	14 31	0,4	MA	12 34	0,5	MA	11 59	0,7
	20 57	1,5		19 00	1,5		18 31	1,3
2	3 08	0,3	15	1 23	0,4	28	1 02	0,6
V	9 15	1,3		7 34	1,3		7 07	1,2
NL	15 04	0,3	J	13 28	0,4	ME	12 53	0,6
	21 28	1,5		19 51	1,7		19 17	1,4
3	3 37	0,3	16	2 09	0,2	29	1 39	0,5
S	9 45	1,4		8 19	0,5		7 46	1,2
	15 35	0,3	V	14 14	0,2	J	12 33	0,5
	21 56	1,6		20 36	1,7		19 55	1,4
4	4 05	0,3	17	2 52	0,1	30	2 09	0,4
D	10 13	1,4		9 02	1,5		8 18	1,3
	16 05	0,3	S	14 58	0,1	V	14 07	0,4
	22 24	1,5	PL	21 19	1,8		20 27	1,5
5	4 33	0,3	18	3 32	0,1	31	2 37	0,3
L	10 42	0,4		9 43	1,6		8 48	1,4
	16 36	0,3	D	15 40	0,1	S	14 39	0,4
	22 52	1,5		22 00	1,8*		20 57	1,5
6	5 01	0,3	19	4 11	0,1			
MA	11 09	1,4		10 23	1,6			
	17 06	0,1	L	16 22	0,1			
	23 19	1,5		22 42	1,7			
7	5 30	0,3	20	4 51	0,1			
ME	11 39	1,1		11 03	1,6			
	17 39	0,4	MA	17 04	0,2			
	23 48	1,4		23 23	1,6			
8	6 02	0,4	21	5 29	0,2			
J	12 11	1,3		11 45	1,5			
	18 14	0,5	ME	17 47	0,3			
9	0 21	1,3	22	0 06	1,5			
V	6 37	0,5		6 09	0,3			
	12 50	1,3	J	12 29	1,4			
	18 58	0,5		18 33	0,4			
10	1 03	1,2	23	0 52	1,3			
S	7 21	0,5		6 52	0,2			
PQ	13 43	1,2	V	13 19	1,3			
	19 57	0,6		19 27	0,5			
11	2 06	1,1	24	1 48	1,2			
D	8 23	0,6		7 42	0,6			
	15 02	1,2	S	14 24	1,2			
	21 27	0,7	DQ	20 43	0,6			
12	3 44	1,1	25	3 06	1,1			
L	9 53	0,6		8 53	0,7			
	16 39	1,2	D	15 52	1,2			
	23 12	0,6		22 33	0,7			
13	5 26	1,1	26	4 50	1,0			
	11 26	0,6		10 35	0,7			
	18 00	1,3	L	17 23	1,2			

=====
 MARS 1984
 =====

MESURE DES MAREES

Principe de construction d'un gabion



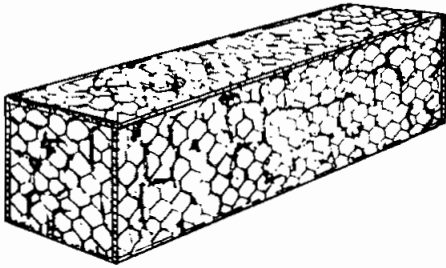


Fig 1 - Gabion métallique rempli de cailloux.

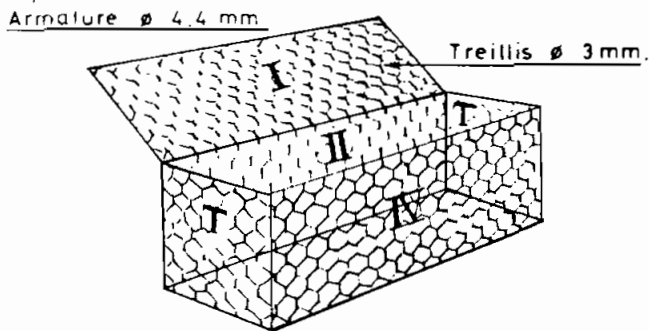


Fig.2 bis - Le gabion monté se présente sous la forme d'une boîte avec couvercle.

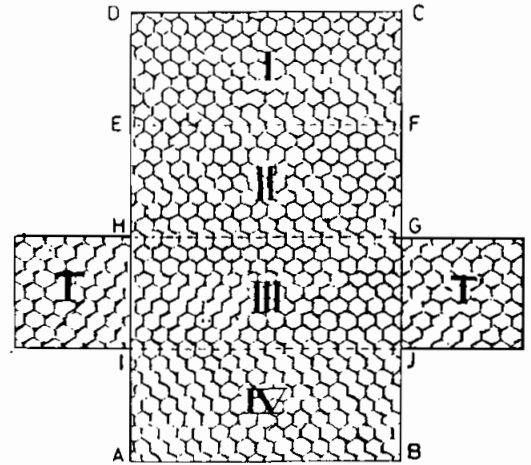
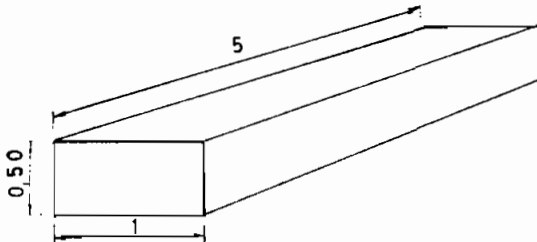


Fig 2 - Gabion métallique déplié

- Gabion semelle -



- Gabion cage -

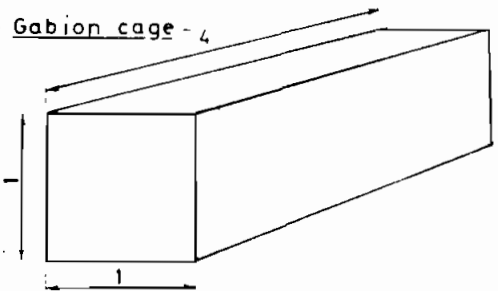


Fig.3 - La hauteur du gabion fixe la terminologie suivante :

Hauteur 1mètre = Gabion cage
 Hauteur 0.50m = Gabion semelle

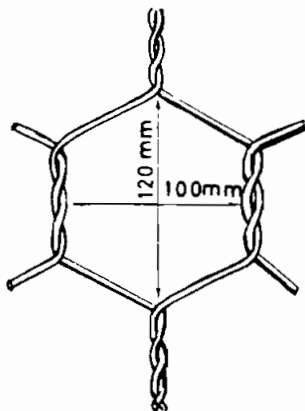


Fig.4 - La maille la plus couramment adoptée est la 100 / 120 double torsion.

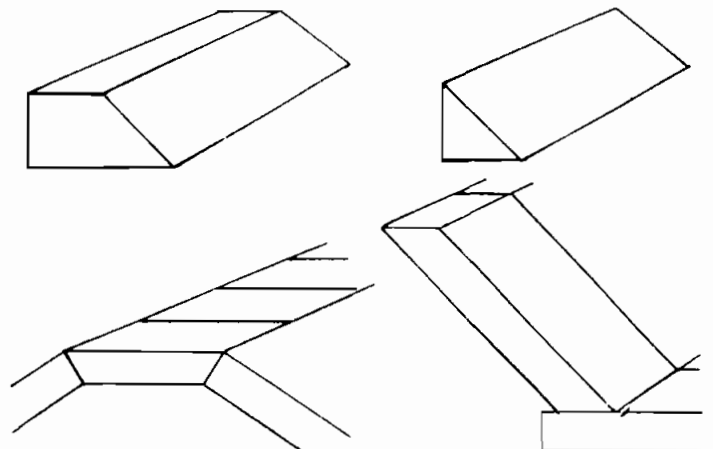


Fig.5 - Le gabion peut prendre différentes forme auquel cas il faut spécifier les nouvelles dimensions au constructeur.

MONTAGE ET POSE DES GABIONS

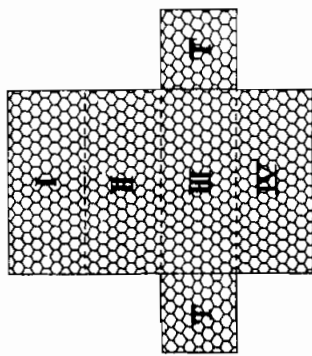


Fig. 9 - Déplier et poser à plat

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



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

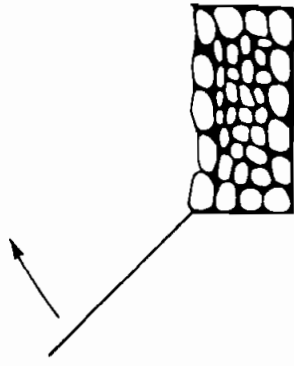


Fig. 17 - Remplissage Les cailloux disposés au centre ne doivent pas passer à l'anneau de 8cm.

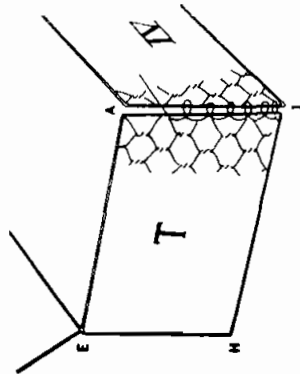


Fig. 11 - Ligation. L'utilisation de la pince est à proscrire

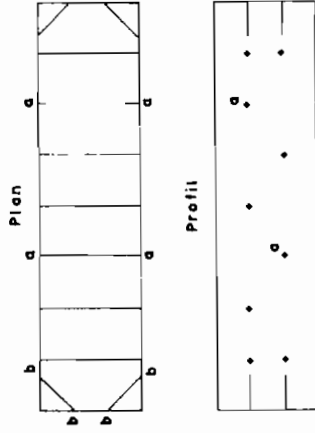


Fig. 15 - Disposition des tirants horizontaux et des tirants d'angle

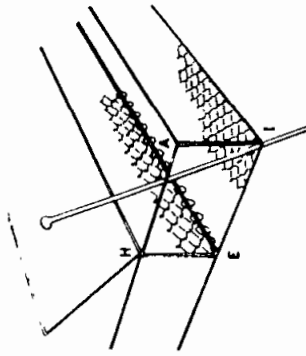


Fig. 12 - Le piquet sert de levier pour tendre les faces des gabions vides.

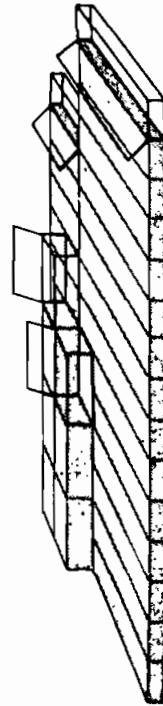


Fig. 13 - La mise en place définitive des gabions doit permettre la fermeture de ceux-ci sans inconvénients. - La ligature des arêtes verticales qui sont au contact immédiat avec les arêtes des gabions voisins rendent les gabions solidaires les uns des autres.

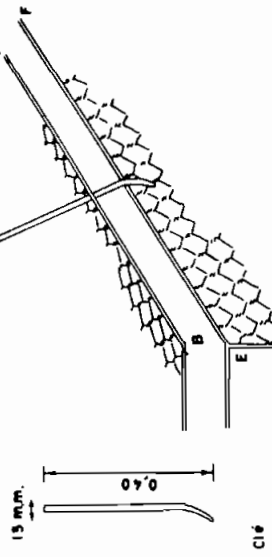


Fig. 18 - Espacer les torsions tous les 20cm et compléter la fermeture par du fil de ligature.

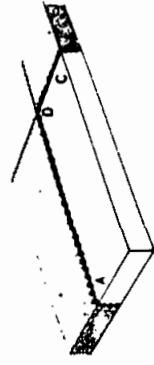
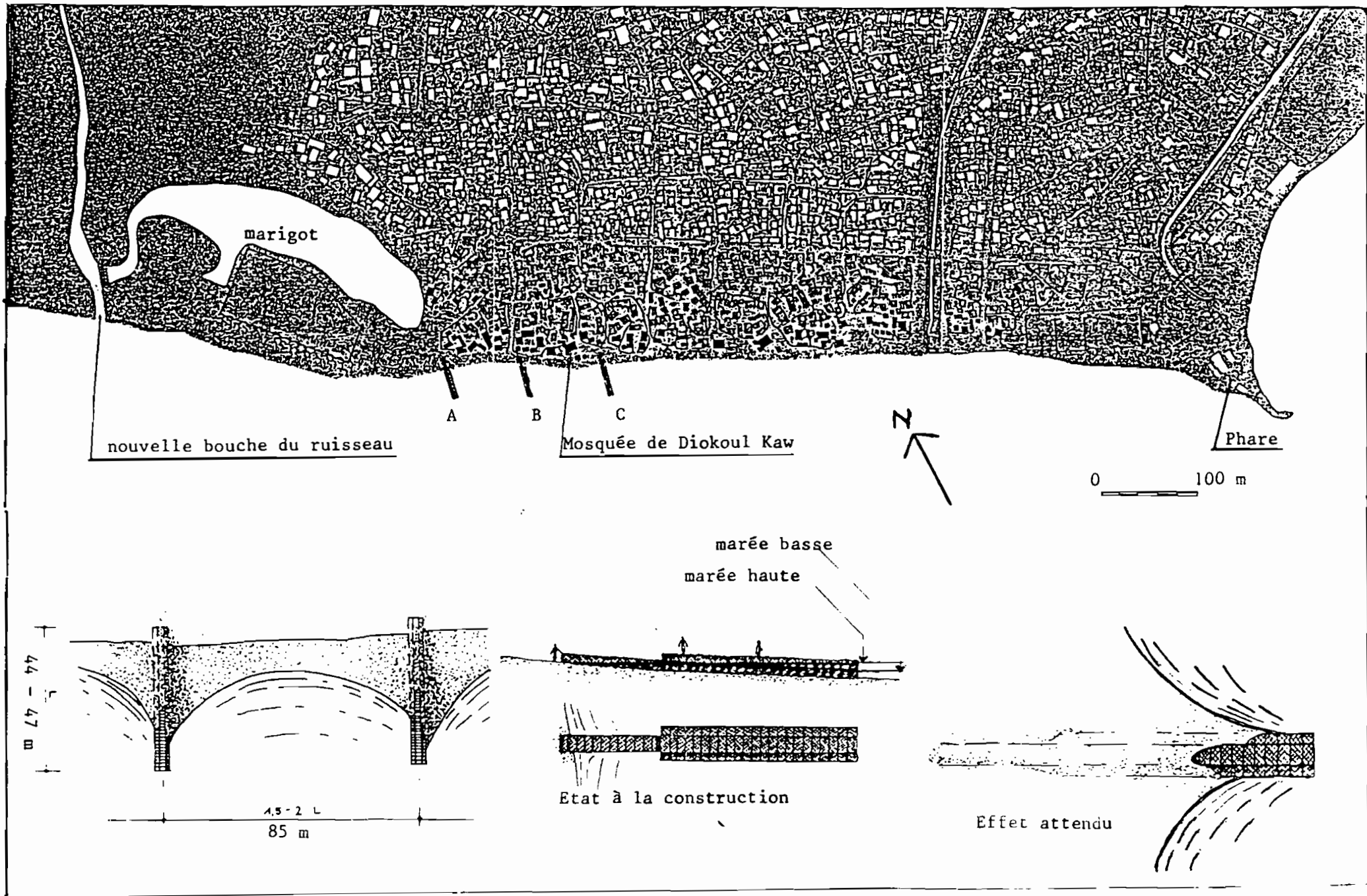
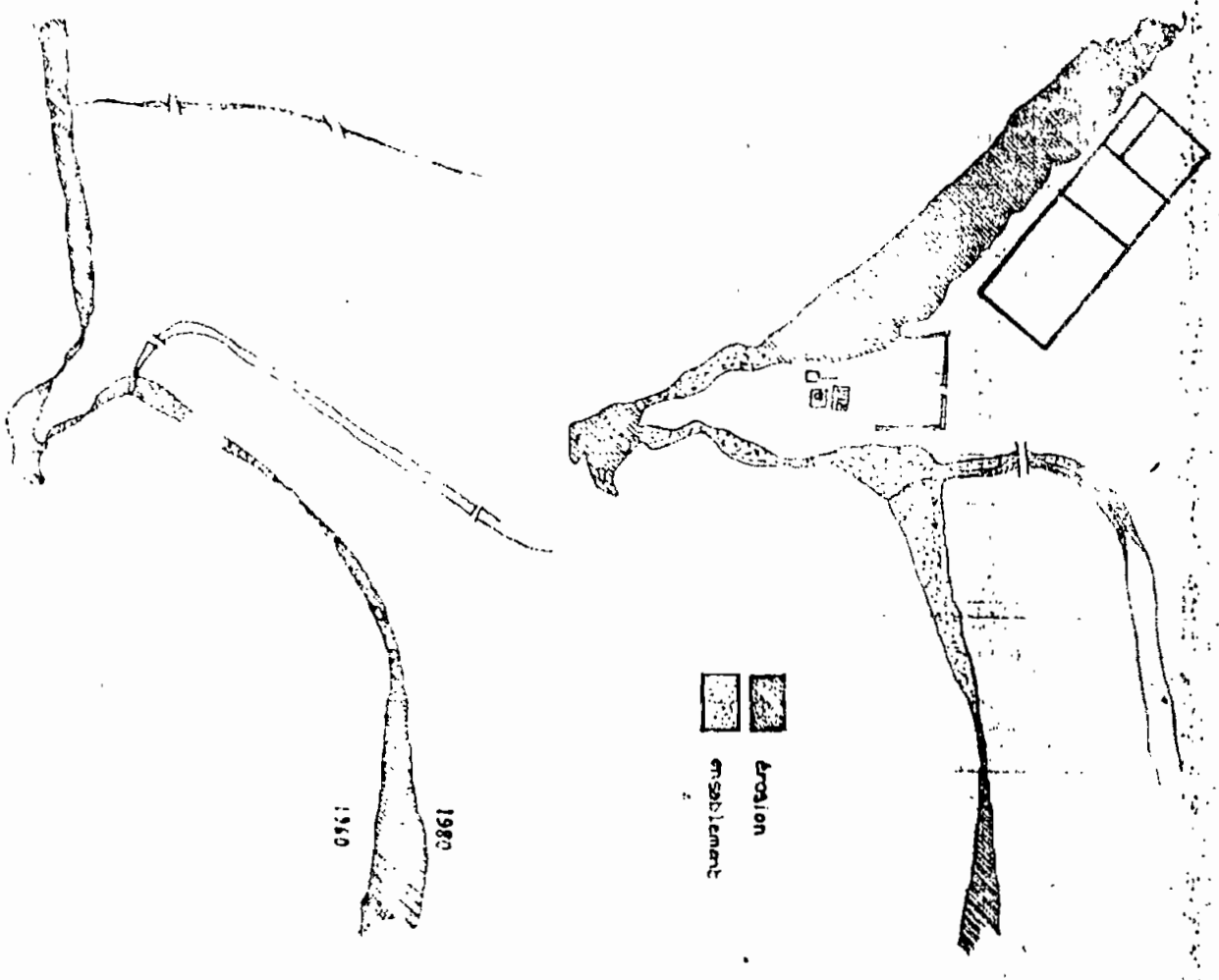


Fig. 19 - En fin d'opération le gabion mis en place doit présenter des ligatures sur toutes les arêtes au contact avec les gabions voisins.





1980

1960



 Erosion
 ensablement

illustration de l'avancée de la mer à Rufisque
 près de la centrale du Cap des Biches

BIBLIOGRAPHIE

M^r Robinson : Notes de cours de Port et Navigation

Jean Chapon : TRAVAUX MARITIMES TOME 1.

Secretariat d'Etat Aux Affaires étrangères : Les
Ouvrages en gabions.

Quin : Design and Construction of marine
Structures.

National Research Council Canada Laboratory Technical
report : BEACH EROSION STUDY GABION Shore
Protection ;

MODEL TEST OF SINES BREAKWATER.