

ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES

PROJET DE FIN D'ETUDE S


TITRE DU PROJET : LES GEOTEXTILES DANS LES
TRAVAUX DE GENIE CIVIL AVEC
POSSIBILITES D'UTILISATION
AU SENEGAL

GC.0678

PAR

CHEIKH SARR
ELEVE INGENIEUR
N° 260

DIRECTEUR DU PROJET : Dr. V. CIUBOTARIU
PROFESSEUR A L'E.P.T.

 école polytechnique
de thiès

DEDICACES

Je dédie ce projet de fin d'études à toutes les personnes qui me sont chères notamment :

A papa et maman pour leurs soutiens et leurs conseils sans relâche

A tous les frères et sœurs à qui je dis courage.

A un père Ibrahim Sarr qui'une maladie cruelle a emportée cette année même. Que la terre lui soit légère.

A tous les membres des familles Thiarene et Ndioune, bref à tous les Nomos Bouféri ou proches pour qui le sens de l'honneur et le goût du travail bien fait ne sont pas de vains mots.

A tous les amis

A tous ceux qui luttent pour la liberté des peuples et contre l'exploitation de l'homme par l'homme.

}

REMERCIEMENTS

Avant de présenter le projet dans sa globalité, je tiens à adresser mes sincères remerciements à :

Mon Directeur de projet M^r Victor Cimbrotariu Professeur à l'École Polytechnique de Thiès pour son soutien constant tant du point de vue de la diversité des documents qu'il a bien voulu mettre à ma disposition, que de son apport moral, scientifique et technique.

A tous collaborateurs :

Jacques Côté, Texel inc

Robert Denis, Terrafix inc

Bert Smaphaan conseiller technique Nicolon geotec inc

R.G. Carroll, Niiafi

résidant actuellement au Canada et qui ont bien voulu répondre à notre appel en nous envoyant des documents de pointe sur l'état des recherches et des développements sur les géotextiles.

A toute l'administration de l'École qui a bien voulu organiser pour nous un voyage d'études au près des réalisations hydro-agricoles de la Casamance.

A tout le personnel de la Somivac

?

SOMMAIRE

des géotextiles sont à base de fibres qui grâce au développement de la chimie organique ont connu un véritable essor. D'ailleurs il est fait un panorama des fibres, des liants et des méthodes de réalisation des géotextiles. Un grand intérêt est porté sur les propriétés mécaniques, chimiques et hydrodynamiques.

Depuis le colloque international de Paris en 1977, différents états ont pu avoir de leur des conclusions pertinentes à partir d'observations et de calculs. Ainsi, il a été démontré le rôle des géotextiles dans les remblais, dans le renforcement des sols, dans les filtes et dans les drains. La maîtrise des fonctions et des propriétés des géotextiles par des méthodes très sophistiquées et adaptées permet des très hautes utilisations dans différents ouvrages de Génie.

Deux cas d'études économiques ont été faits sur la base des principes énoncés et élargement au Singapour et il a été prouvé que :

— Le géotextile utilisé comme filte dans la protection des berges et les fossés routiers procure une proximité de la carrière. Si cette dernière est située à 10 km du chantier, on gagne 2940 F/en utilisant les géotextiles.

— Le géotextile utilisé comme anticantonnement dans les remblais straussables ou la carrière d'agrégats est réalisée en moins de 5 km du chantier. Dans les cas où la carrière serait située à 10 km du chantier, on a un gain de 1715 F/m² en utilisant les géotextiles.

Ainsi, avec l'avènement de la voie des pétroles, un grand effort doit être fait quand à la vulgarisation de ces différents techniques modernes. C'est à vilains ceux qui justifient l'opportunité de ce projet de fin d'études.

TABLE DES MATIERES

	PAGES
REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	ii
CHAPITRE I — INTRODUCTION	6
CHAPITRE II — PROCEDES DE FABRICATION	7
A) METHODES	8
1. METHODES PAR VOIE SECHE	8
2. METHODES PAR VOIE HUMIDE	9
3. METHODES SPUN OU FILAGE PAR VOIE DIRECTE	11
B) LES FIBRES	12
1. LES FIBRES CELLULOSIQUES	13
a. LES FIBRES NATURELLES	13
a-1) LE COTON	13
a-2) LE LIN	13
a-3) LE JUTE	14
2. LES FIBRES ARTIFICIELLES	14
a. La RAYONNE DE VISCOSE	14
b. LES FIBRES DE VISCOSE PARTICULIERES	15
c. AUTRES RAYONNES A BASE DE CELLULOSE	15
d. DERIVE DE LA CELLULOSE : ACETATE DE CELLULOSE	15
3. FIBRES PROTEINIQUES	15
a. LA LAINE	15
b. AUTRES FIBRES PROTEINIQUES	16
4. FIBRES SYNTHETIQUES	16
A) VINYLIQUE	16

a - FIBRES A BASE DE CHLORURE DE VINYLE	16
b - POLYALCOOL VINYLIQUE	17
B) ACRYLIQUE	17
C) LES POLYAMIDES	17
D) LES POLYESTERS	18
E) LES POLYOLEFINES	18
a - LE POLYETHYLENE	18
b - LE POLYPROPYLENE	18
CHAPITRE III - CARACTERISTIQUES DES GEOTEXTILES	21
A) PROPRIETES PHYSIQUES	22
1 - RESISTANCE AUX MICRO-ORGANISMES	22
2 - RESISTANCE AU FEU	22
3 - RESISTANCE A LA LUMIERE ET AUX ULTRA-VIOLETS	
4 - RESISTANCE AU VIEILLISSEMENT	24
B) PROPRIETES CHIMIQUES	24
1 - RESISTANCE A L'EAU	24
2 - ACTION DE LA TEMPERATURE	24
3 - DENSITE	26
C) PROPRIETES MECANIQUES	26
1 - ESSAI DE TRACTION SIMPLE	27
2 - ESSAI DE TRACTION DU TYPE GRAB	28
3 - ESSAI DE TRACTION DU TYPE TEAR	28
4 - ESSAI DE POINÇONNEMENT	30
5 - ESSAI DE TENUE A L'EAU	30
6 - ESSAI D'ECLATEMENT	31
7 - ESSAI DE FLUAGE	32
8 - ESSAI DE CISAILLEMENT DIRECT	33

9 - ESSAI DE DILATATION D'UN MANCHON CYLINDRIQUE	34
D) PROPRIETES HYDRAULIQUES	37
1 - POROSITE ET INDICE DES VIDES	37
2 - PERMEABILITE	39
a - PERMEABILITE VERTICALE	40
b - PERMEABILITE HORIZONTALE	40
3 - LE COLMATAGE	42
a - AVEC L'EAU DE ROBINET	43
b - AVEC L'EAU BOUEUSE	43
c - AVEC L'EAU DE CANAL	44
 CHAPITRE IV - FONCTIONS DES GEOTEXTILES	 45
1 - ROLE DES GEOTEXTILES DANS LES REMBLAIS	47
1.1 - ROLE MECANIQUE	48
1.2 - ROLE D'ANTICONTAMINANT	51
1.3 - LES GEOTEXTILES AUGMENTENT LA PORTANCE, ACCELERENT ET REDUISENT LES TASSEMENTS	51
2 - LES GEOTEXTILES RENFORCENT LES SOLS	56
2.1 - RENFORT DES REMBLAIS ROUTIERS	56
2.2 - RENFORT DES MURS DE SOUTÈNEMENT	57
3 - LES GEOTEXTILES DANS LES FILTRES	59
4 - LES GEOTEXTILES DANS LES DRAINS	61
 CHAPITRE V - DOMAINES D'UTILISATION DES GEOTEXTILES	 64
1 - LES ROUTES	65
1.1 - ROLE DE SEPARATEUR DE LA COUCHE DE BASE ET DU SOUS-SOL	66

1.2 - ROLE DE FILTRE	66
1.3 - ROLE DE DRAIN	66
1.4 - ROLE DE RENFORT DE L'ASPHALTE	67
a - ROUTE EN CLIMAT TEMPERE	68
b - " " " SUB-TROPICAL	69
c - " " " TROPICAL	70
d - " " " ARIDE	71
2 - PROTECTION DES COTES	73
a - DEFENCE DES COTES	75
b - EROSION DES COTES	76
c - ANALYSE DE STABILITE DE PENTE	76
3 - PROTECTION DES DIGUES ET BARRAGES	78
4 - CHEMIN DE FER	81

CHAPITRE VI - ECONOMICITE DE L'UTILISATION DES GEOTEXTILES	85
---	----

CHAPITRE VII - UTILISATION AFRICAINE DES GEOTEXTILES	90
---	----

CHAPITRE VIII - CONCLUSION	94
----------------------------	----

ANNEXE 1	98
ANNEXE 2	103
ANNEXE 3	109
ANNEXE 4	110
ANNEXE 5	113
BIBLIOGRAPHIE	115

CHAPITRE I

INTRODUCTION

I) DONNEES INTRODUCTIVES SUR L'APPLICATION ET LE DEVELOPPEMENT DES GEOTEXTILES

L'utilisation dans les sols de matériaux autres que les textiles non-tissés, n'est pas nouvelle. Ainsi, pendant longtemps, les Ingénieurs en Génie Rural ont employé des fascines pour les fondations des chaussées sur sols compressibles. Le développement rapide de l'utilisation des textiles en Géotechnique auquel on assiste aujourd'hui est dû essentiellement aux méthodes de fabrication des fibres synthétiques qui mettent à notre disposition, dans des conditions économiques acceptables, des matériaux imperméables présentant diverses propriétés bien définies et intéressantes dans le domaine de la mécanique des sols.

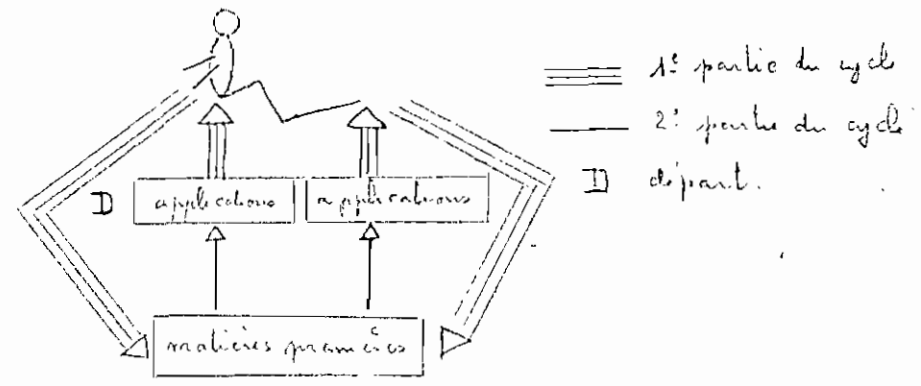
Au cours des deux dernières décennies, on peut citer notamment l'utilisation croissante aux Pays-Bas des matériaux tissés ou renforcés, les expériences Américaines d'emploi de ces matériaux comme filtre et une progression remarquable des non-tissés en France où leur production a plus que doublé en quelques années.

Paradoxalement, on a remarqué que plus le terme non-tissé devient couru, plus il devient difficile à définir. Parmi toutes les définitions, celle donnée par l'EDANA (European disposable and non-woven association) semble être la plus complète: "le non-tissé est une voile, une nappe ou un matelas manufacturé constitué de fibres ou de filaments répartis directionnellement ou au hasard et dont la cohésion interne est assurée par des méthodes mécaniques et/ou physiques et/ou chimiques et/ou par une combinaison de ces divers procédés, à l'exclusion du tissage, du tricotage, de la couture tricotage et du feutrage traditionnel."

Ainsi, depuis le colloque international sur l'emploi des non-tissés en

Geotechnique, l'appellation non-tissé a disparu au profit de l'appellation géotextile.

Les géotextiles ont connu un véritable essor dans les années d'après-guerre. Cet essor s'étant basé sur le schéma combien intéressant de David Piette.



Sur cette base, l'augmentation de la production mondiale a été très rapide et déjà en 1960, elle a atteint 100.000 t. Le tableau de Puff semble être exhaustif en ce sens car il nous donne l'évolution de la production mondiale.

Années	Poids (t)
1940	25
1941	348
1942	792
1943	3378
1946	11450
1955	22000
1957	40000
1958	44000
1961	90.000
1963	120.000

EVOLUTION DE LA PRODUCTION MONDIALE

Un autre tableau de production a été publié en 1968 par Nottebohm qui ventille géographiquement les chiffres de production. Les totaux ne correspondent pas au tableau précédent car il s'agit sans doute de statistiques partielles. On peut qu'en même y voir la supériorité écrasante des U.S.A. La production de l'Allemagne Fédérale représente à elle seule plus de la moitié des tonnages en Europe.

Années	Allemagne Fédérale	Europe + Allemagne Fédérale	USA	autres pays	production mondiale
1961	1800	2500	29000	2700	34200
1962	2200	3500	36000	3200	42700
1963	2750	5000	44000	4200	53200
1964	3200	6500	50000	5300	61800
1965	5750	10000	56000	7000	75000
1966	8600	15000	67000	8000	90000
1967	10000	17500	77000	10500	105000
1970	15000	26000	136000	20000	132000

EVOLUTION DE LA PRODUCTION MONDIALE (t)

Années	UNION SOVIETIQUE	POLOGNE	Tchécoslovaquie	Allemagne de l'EST
1961	8	—	—	—
1963	60	10	20	20.5
1965	125	—	42	30

EVOLUTION DE LA PRODUCTION DANS LES PAYS DE L'EST EN MILLIONS DE M²

En suivant le schéma de Daniel Piette, on peut dire que l'évolution de la production des géotextiles doit suivre l'évolution des applications. En effet, les géotextiles peuvent jouer différents rôles parmi lesquels on peut citer sans entrer dans les détails :

- un rôle d'écran c'est à dire de séparateur
- un rôle de filtre : pour cela, il fonctionne simultanément comme anticorrosion, comme collecteur drainant ou enveloppe de filtre ou comme filtre.
- un rôle de drain
- un rôle de renfort

Ainsi, les géotextiles peuvent être utilisés dans différents domaines tels que :

- les pistes de chantier, voies d'accès ou chemins forestiers.
- les remblais sur sols compressibles
- les plateformes de fondations
- les aires de stationnement ou parking
- le chemisage des pieux forés pour l'antidérapage des bétons
- la consolidation des remblais par drainage car le libre passage de fines particules argileuses est responsable de la chute de portance.
- travaux routiers
- travaux forestiers et forestiers
- travaux hydrauliques

D'autre part, les géotextiles sont utilisés dans d'autres secteurs tels que le secteur ménager, sanitaire, dans l'ameublement et les garnitures.

Les géotextiles, pour jouer ces différents rôles doivent avoir plusieurs propriétés sur lesquelles nous insistons plus tard.

Comme toute, nous sommes en pleine période de développement technique et de prospection commerciale on s'en rend compte par les choses suivantes

être bouleversées rapidement. Dans ce cas, il est opportun de faire l'état
actuel des choses, car si les informations sont nombreuses, elles sont dispersées
et souvent confuses. On se fixe pour cela comme objectif de faire la syn-
thèse d'un grand nombre de publications et de recherches afin de donner
un panorama des matériaux utilisés, des technologies pratiquées, des
propriétés et des applications des divers articles fabriqués pour autant qu'on
puisse donner une image fidèle d'un sujet en constante évolution

?

CHAPITRE II

PROCEDES de FABRICATION

des

GEOTEXTILES

II) PROCÉDES DE FABRICATION DES GEOTEXTILES

Pour mieux saisir les caractéristiques d'un produit, il est impératif de connaître les procédés de fabrication, la matière première et les points

A) METHODES

Se nos jours, trois principales méthodes de réalisation des géotextiles nous sont connues :

- méthode par voie sèche
- méthode par voie humide
- méthode par voie directe.

1) METHODE PAR VOIE SECHE

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

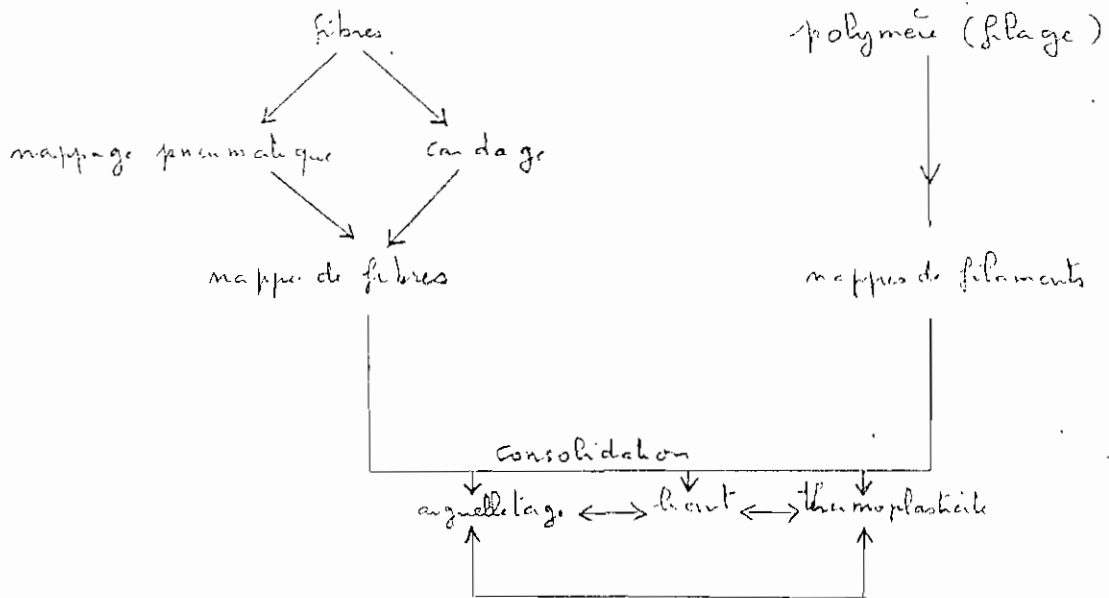
On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

On se propose de résumer les phases successives que l'on rencontre dans la fabrication courantes de non-tissés par voie sèche. C'est par exemple dans le cas de la réalisation de géotextiles par voie sèche.

Quant à la consolidation, elle peut se faire par un certain nombre de procédés bien souvent associés entre eux et dont les plus courants sont :

- l'aiguilletage
- l'utilisation de liants chimiques
- le recours au phénomène de thermo plasticité des fibres synthétiques



2) METHODE PAR VOIE HUMIDE

Elle s'apparente à la technique papetière grâce au mappage des fibres courtes, non filées, véhiculées en milieu aqueux impliquant nécessairement la présence d'un pourcentage non négligeable de matière cellulosique à faible performance et surtout praticable. La recherche de fibres mieux adaptées aux procédés humides telles que les fibres hybrides ou modifiées en surface utilisant de nouveaux copolymères, l'application des réactions thermiques de fibres structurées permettant d'accroître l'énergie de déformation et l'allongement, le contrôle du dépôt, de la forme, des propriétés mécaniques et adhésives des ponts inter-fibres, demeurent un champ de recherche très vaste.

En bref, dans la fabrication du voile par voie humide, les opérations sont:

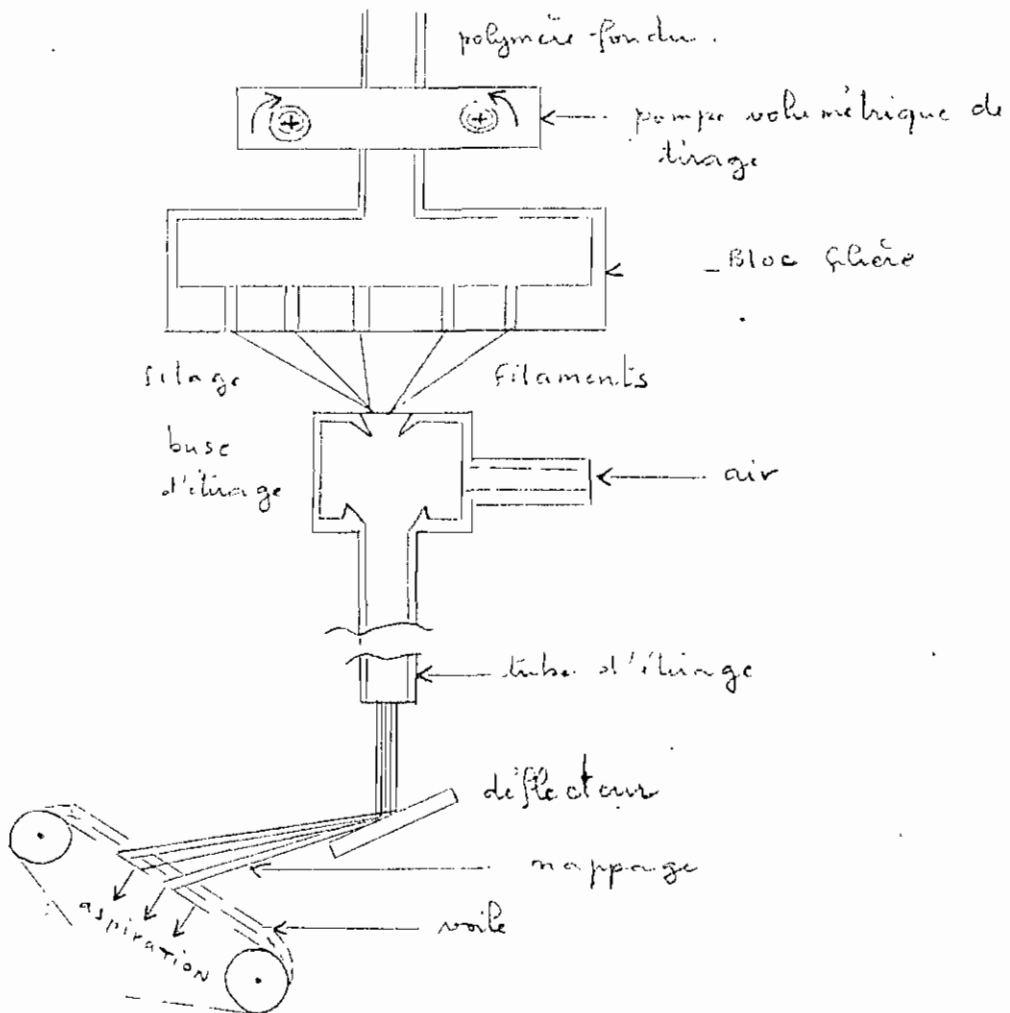
- la mise en suspension des fibres
- le mélange
- le stockage
- le transport.

Il est donc intéressant de savoir de ces deux méthodes qu'elle est celle qui présente le plus d'inconvénients ou d'avantages. Dès le stade des possibilités de traitement des matériaux constituant les fibres, nous devons faire les distinctions suivantes qui sont essentielles:

- Les cas des traitements des fibres de 30 à 100 mm de longueur. A quelques exceptions près, les fibres inorganiques ne peuvent pas y être traitées.
- On rencontre de grosses difficultés pour couper les fibres à moins de 30 mm. Une coupe plus courte reviendrait plus chère et le procédé par voie humide utilise donc des fibres plus chères.
- Il existe bien des domaines où seule l'utilisation des fibres longues est requise.
- Actuellement, on fabrique des voiles par voie sèche à la vitesse maximale de 25 m/min. Années des voiles à forte orientation fibreuse longitudinale se fabriquent par voie sèche à des vitesses moyennes d'environ 50 à 60 m/min. En fabrication par voie humide, les vitesses moyennes sont actuellement de 40 à 100 m/min. A titre expérimental, certains produits ont été obtenus avec succès à 250 m/min.
- Les installations par voie humide peuvent recourir par de nombreuses machines auxiliaires à l'industrie papetière.
- De nombreux avantages du procédé par voie humide conduisent certains à le préférer à la voie sèche mais il est raisonnable de penser que les procédés par voie sèche, voie humide ou autres seront plus complémentaires que concurrents.

3) METHODE SPUN OU FILAGE PAR VOIE DIRECTE

Ce procédé est très intéressant parce que très simple dans sa conception mais il pose des problèmes très ardues quand à sa réalisation industrielle et fait appel à des techniques de filage, d'étirage et de mappage des brins tout à fait d'avant-garde. Sans entrer dans les détails de cette technique qui n'est encore qu'au début de son développement, on peut s'en faire une idée très précise en regardant le schéma suivant :



— des granules de polymères sont introduits dans le haut de l'installation constituée par un matériel de fusion et de mise en pression du polymère fondu à une température rigoureusement constante.

— Puis le polymère passe par les organes de filage conventionnelle.



école polytechnique
de thies

ment disposés et étudiés pour produire des fils de matières fondues du diamètre désiré.

- Au cours de leur refroidissement et leur solidification, les filaments passent dans un matériel de mise en vitesse qui a le double avantage de les affiner et de les attiser, ce qui leur donne toutes leurs caractéristiques mécaniques, en particulier leur résistance à la rupture.

- Enfin, la très grande vitesse des filaments de l'ordre de 5000 m/min permet grâce à des dispositifs appropriés de napper ces filaments continus d'une façon homogène, les filaments étant disposés au hasard, dans toutes les directions sur le tapis sans fin qui se déroule à la base de l'installation.

Il est à noter que la société Rhône - Poulenc qui fabrique des geotextiles non tissés BIODIM a choisi la méthode spun ou par filature directe.

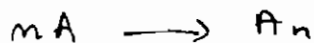
Par ailleurs, autant il est important de connaître à fond les procédés de fabrication, autant il est important de déceler la nature des fibres et des liants qui le constituent.

B) LES FIBRES

Les fibres sont obtenues par deux procédés que sont :

- La polymérisation
- La polycondensation

La polymérisation permet d'obtenir à partir d'une molécule de base dite monomère un corps de poids moléculaire plus élevé ou polymère qui résulte de la juxtaposition convenable de molécules de ce monomère sans qu'il y ait élimination d'un tiers produit.



La polycondensation est une polymérisation avec libération d'un tiers produit généralement de l'eau.

Tout comme les qualités de tissu, celles du non-tissé sont étroitement

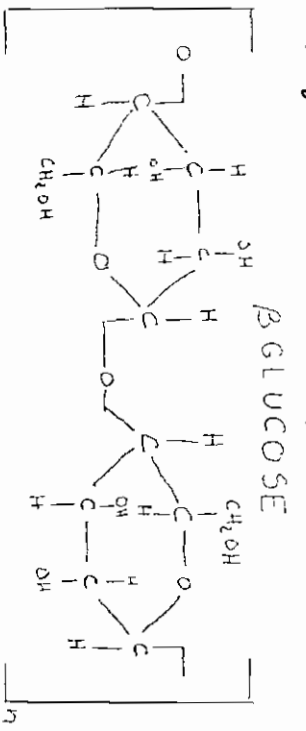
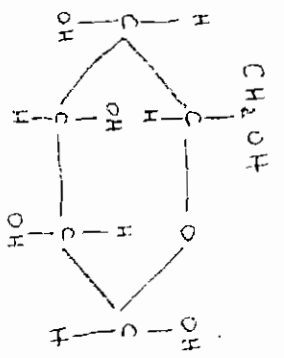
liées à la nature de la fibre. Le ton de fibre tombe rarement en dessous de 50%. Il existe différents types de fibres mais on maintiendra d'avantage sur celles qui sont in-pertesibles.

1) LES FIBRES CELLULOSIQUES

a) LES FIBRES NATURELLES

Les fibres naturelles d'origine végétale sont toutes à base de cellulose. Elle diffèrent pourtant morphologiquement ainsi que chimiquement par les matières qui accompagnent la cellulose variant d'une espèce à l'autre. La base de constitution de la cellulose est le β glucose qui se combine d'abord en aldose pour constituer des 2 molécules de glucose avec libération d'eau.

On remarque que le degré de polymérisation de la α glucose est de : 3000



CELLULOSE

a-1) LE COTON

La fibre est retirée des graines dont elle forme l'organe de réserve. La plante est cultivée dans les régions chaudes. Les principaux producteurs sont : Les USA, L'URSS, L'EGYPTE, Les INDES, La CHINE, Le BRÉSIL etc... Le long des fibres est de 10 à 60 mm.

a-2) LE LIN

Cette plante est cultivée dans les régions tempérées mais la production est faible par rapport à celle du coton. Les fibres de lin se trouvent dans la partie inférieure de la tige en dessous de la couche de l'épiderme. On compte environ 40 fibres/cm x tout au long de la tige com-

tenant chacun 12 à 40 fibres. La libération des fibres exige un travail manuel coûteux; cette fibre est donc plus chère que celle du coton.

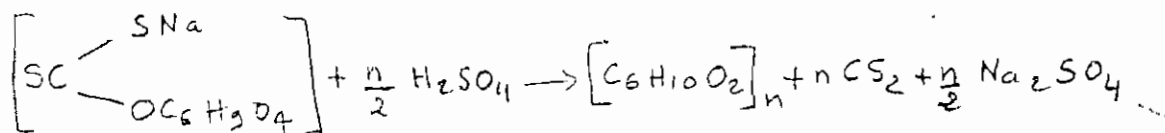
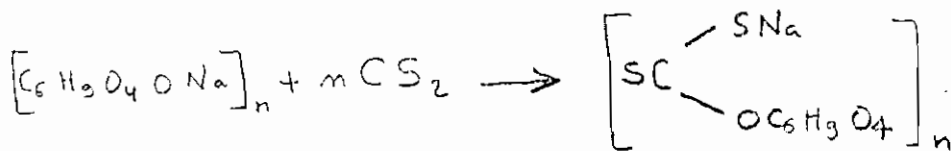
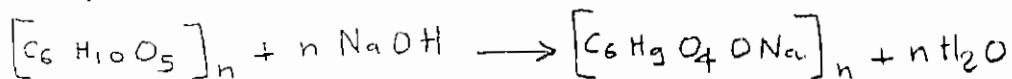
a-3) LE JUTE

La plante est cultivée dans les régions subtropicales. Par rouissage, on tire des fibres brunes de la tige. Ces fibres longues et grossières sont utilisées à des usages techniques.

2) LES FIBRES ARTIFICIELLES

a) LA RAYONNE DE VISCOSE

Elle est la plus ancienne, la moins chère et la plus utilisée des fibres artificielles. Elle est fabriquée à partir de la cellulose de bois. La cellulose est traitée avec de la soude pour être transformée en alcali-cellulose. L'alcali-cellulose est d'abord vieillie et à dire oxydée et dépolymérisée. Puis mise en contact avec du sulfure de carbone, elle est transformée en xanthate de cellulose. Le xanthate est dissout avec de la soude diluée et la solution est de nouveau stockée pendant quelques jours. Après dégazage et filtration, la viscose est filée à travers des filières ayant des trous de .05 à .01 mm. Puis on file dans un bain contenant de l'acide sulfurique, du sulfate de sodium, du sulfate de zinc et éventuellement du glycérol ou d'autres additifs. Le filament humide est étiré à 100% puis lavé, coupé et séché. Les réactions chimiques peuvent se résumer ainsi :



b) FIBRES DE VISCOSE PARTICULIERES

L'Américain Viscose Co a développé les fibres KV 101 auto-allantées pour la préparation de pour les non-tissés de la voie humide. Ce sont des fibres multicellulaires avec des poches d'air en surface. Elles effectuent le liège de la fibre de pour être raffines et sans addition de pâte papetière fibrillée. Elles ne nécessitent pas de finis chimiques. Ces fibres ne possèdent pas de résistances à l'eau. Un traitement avec un solution de 60% de glucose de zinc améliore ses caractéristiques.

c) AUTRES RAYONNES A BASE DE CELLULOSE

Ne s'en souvient qu'une et c'est la rayonne suprammoniacale. Ces fibres sont filées dans l'eau à partir d'une solution de cellulose dans la lignine de Schweitzer.

d) DERIVE DE LA CELLULOSE : ACETATE DE CELLULOSE

L'acétate de cellulose est obtenu par acétylation de la cellulose avec de l'anhydride acétique dans l'acide acétique glacial en présence d'acide sulfurique. La réaction débute en milieu Pétersène et la cellulose se dissout au fur et à mesure de l'avancement de l'acétylation. Elle se forme un pro-dit triacétyle, soluble dans le chloroforme. Les fibres d'acétate de cellulose sont généralement dans le non-tissé. Leur rendement est difficile dans l'emploi dans les articles de la voie sèche chimiquement.

3) FIBRES PROTEINIQUES

a) LA LAINE

Elle est utilisée depuis des temps immémoriaux dans le monde entier. On peut même se presser que, grâce à son aptitude de se tanner, former en feuille sous l'effet de l'humidité et du frottement, elle a servi à la préparation de premiers non-tissés, de feutres, bien avant la découverte du tissage. Chimiquement parlant, la laine est de la

laïcine, sorte de protéine, copolymère d'acides aminés contenant de la cystine. La laine est de la toison d'animal x.

b) AUTRES FIBRES PROTEINIQUES

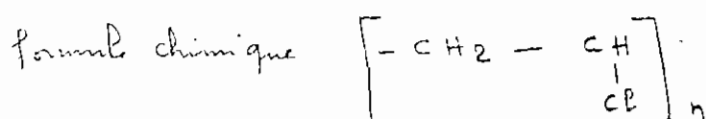
- la soie naturelle
- les fibres artificielles à base de caseïne
- les poils de chèvre
- d'autres poils grossiers

4) FIBRES SYNTHETIQUES

A) VINyliQUES

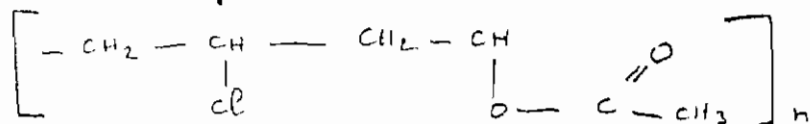
a) FIBRES A BASE DE CHLORURE DE VINYLE

L'homopolymère du chlorure de vinyle est filé par le procédé sec à partir d'une solution dans un mélange d'acétone et de sulfure de carbone.



Les fibres de polychlorure de vinyle sont utilisées comme nappes isolantes à faible densité. Elles sont progressivement remplacées par d'autres fibres synthétiques résistant aux solvants de dégraissage.

Aux U.S.A., l'Union Carbide a développé dès avant la guerre, les copolymères de chlorure de vinyle et d'acétate de vinyle solubles dans l'acétone et composés de 85% de chlorure et 15% d'acétate.



En Allemagne, l'I. G. Farben a développé un produit soluble dans l'acétone par surchloruration du polychlorure de vinyle. Par suite on obtient un copolymère du chlorure de vinyle et du chlorure de vinylidène.

De même, d'autres compagnies telles que la Dow Chemical Co ont

diversité d'autres copolymères.

B) POLYALCOOL VINYLIQUE

Cette fibre et divers types en Japon sous la dénomination de vinylon ou Kuralon. Le monomère alcool vinylique, trop instable n'a été pas. Le fibre est un part de l'acétate de vinyle. La polyacétate de vinyle et hydrolysée avec de la soude caustique en solution méthanologique. Le polyalcool vinylique et dissous dans l'eau chaude et il est filé dans un bain coagulant. Part de solution aqueuse de sulfate de sodium.



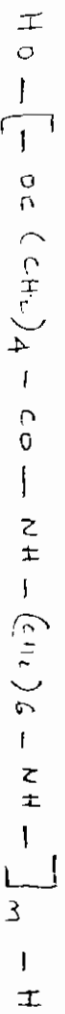
Les fibres acétées sont généralement utilisées dans les étoffes mopires de la série laineuse comme fibres linéaires pour elles se des present bien dans les

B) ACRYLIQUES

Ces fibres sont fabriquées à base de méthacryliques, acrylate ou copolymère autres monomères, afin d'améliorer l'affinité texturiale et dans certains cas d'augmenter la solubilité du polymère en vue de la filature. S'après le taux de méthacrylique, on distingue les acryliques qui se caractérisent plus de 85% et les modacryliques de 35 - 85%. Les acryliques et les modacryliques sont filés par filature sèche ou humide.

C) LES POLYAMIDES

Les polyamides ou nylons sont produits par polycondensation part à partir d'un diacide et un diamine soit à partir d'un acide aminé. On opte toute à former des filaments par assemblage par condensation des amides. Les premiers filaments synthétiques furent filés à partir d'acide adipique et d'hexaméthylène diamine.



Les autres polyamides ont été réalisés de la suite de l'acide é aminé. La première pour obtenir un polymère différent de la même famille.

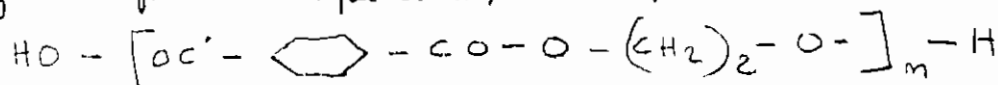
Les fibres obtenues à partir de ce procédé sont appelées Perlon. Souvent, les polyamides sont désignés par un nombre dont le premier chiffre identifie le diamine et le second le diacide par le nombre des atomes de carbone. Un nombre simple indique un polymère condensé à partir d'un acide aminé.

Les polyamides, premières fibres synthétiques dans l'ordre chronologique, sont également en tête par le tonnage produit tant pour l'industrie textile que pour celle des étoffes non tissées.

D) LES POLYESTERS

Les fibres à base de polyester ont été développées en Angleterre par les chimistes de la Calico Printers Association et leur exploitation industrielle a été lancée pour les I.C.I.

Le polymère est un polyester à base d'acide téréphtalique et d'éthylène glycol. La formule chimique est la suivante :



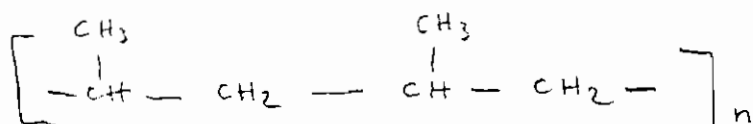
E) LES POLYOLEFINES

a) LE POLYETHYLENE

Dans les fibres, l'éthylène et le propylène servent à la fabrication de fibres. Les fibres à base de polyéthylène n'ont atteint qu'un développement modéré. En fait, Nomura a lancé la production d'un article appelé Tyvek sur cette base.

b) LE POLYPROPYLENE

Il est devenu une matière noble depuis les travaux de Ziegler et Natta qui ont trouvé des catalyseurs stéréospécifiques engendrant un polymère isotactique.



Des possibilités comme Dupont de Nemours et Pontecatini ont développés des produits avec cette technique.

Henkel et Newton ont estimé que la cause de la rupture des membranes et notamment, mais leurs observations indiqueraient qu'elle se produit soit par glissement du liant, soit par rupture de la fibre. Donc, écrivait que la mélanisme de liage agit traité avec le corps de discussions dans la littérature, il trouve par importance. La résistance du membrane est donc fonction de la teneur de la fibre et de celle du liant. Ainsi, il a été mis en évidence que la rupture du membrane se produit essentiellement par rupture du liant. Nous nous sommes donc de conclure ce résultat et d'insister sur le fait que c'est ce polymère qui prédomine pour la grande majorité des électrolytes similaires. En définitive, il est évident que l'on devra consacrer à l'amélioration de la résistance propre du liant et notamment ce que l'on pourra faire de plus profitable dans les années prochaines pour améliorer la stabilité de nos produits.

Il y a deux méthodes de réalisation des liaisons :

— La liaison chimique
— La liaison par aiguilles et soie.

Les liaisons sont en fait des produits que l'on se procure communément plus chers. Ainsi, les membranes membranées étaient liées avec du carbothène naturel, de la galatène, de la caséine, et l'amidon, donc avec des polymères naturels. Ces produits sont abandonnés et passent au profit des cellules synthétiques dont les propriétés de résistance mécaniques de même ordre sont autres ont permis de développer des membranes de bonne qualité.

Ainsi, les liaisons polymériques se trouvent dans le monde sur trois formes : solide (membrane ou granule), solution (la plus part de

temps dans des solvants organiques) et émulsions aqueuses. Il serait très long de rentrer dans le détail des composés chimiques et des propriétés des liants mais je tiens à donner un tableau caractéristique.

LIANTS	RESILIENCE	DOUCEUR	RESISTANCE AU LAVAGE	RESISTANCE AU NETTOYAGE SECH	CHALEUR	LUMIERE
E = EXCELLENT B = BON P = PASSABLE M = MEDIOCRE						
CAOUTCHOUC NATUREL	E	E	B	P	P	P
POLYCHLOROPRENE	E	E	E	P	M	M
BUTADIENE-STYRENE	E	E	B	P	P	P
BUTADIENE-ACRYLONITRILE	E	E	E	E	P	P
ACRYLIQUES	P	E	E	E	E	E
POLYCHLORURE DE VINYLE	M	P	B	B	B	E
POLYACRYLATE DE VINYLE	M	M	M	B	E	E
CARACTERISTIQUES DES NON-TISSES LIES AVEC DIFFERENTS TYPES DE LIANTS D'APRES SHERWOOD						

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES

des

GEO TEXTILES

III) CARACTERISTIQUES DES GEOTEXTILES

A) PROPRIETES PHYSIQUES

1) RESISTANCE AUX MICRO-ORGANISMES

Le traitement en ce qui concerne les fibres cellulosiques et les fibres polymériques par les agents chimiques ne sont pas adaptés pour les micro-organismes dont les enzymes hydrolysent les fibres naturelles ou artificielles. Une protection efficace doit couvrir les conditions tropicales d'humidité et de température qui favorisent le développement des micro-organismes. Les produits utilisés sont plus ou moins toxiques. Ils peuvent être d'origine minérale, organique ou des sels d'acide organique. Parmi les sels minéraux, on peut citer le borax, les sels manganésiques, les fluorures et les sélénos-fluorures. Parmi les produits organiques, on peut citer : l'acide benzoinique, l'acide salicylique ; les phénols dont les dérivés halogénés ou phényles sont les plus actifs et enfin les ammoniums quaternaires. Parmi les sels acides organiques, on peut citer : les sels de cuivre et ceux de mercure. Si la conservation du non. L'eau se fait par imprégnation, on peut introduire l'agent de protection dans le bain de teinture anion ; on l'introduit par un traitement subséquent. De toute façon, le choix des produits à appliquer doit être guidé par les conditions d'utilisation. Surtout tous sont très perméables contrairement à l'efficacité de la protection allant de l'essai de culture que l'on a l'essai d'effacement dans un sol.

2) RESISTANCE AU FEU

On peut procéder soit par l'addition d'un produit ignifugeant, soit par utilisation de liants non combustibles. Les ignifugeants doivent être solubles à forte dose soit 20% ou plus sinon on ris que des effets contraires. Les formules suggérées sont nombreuses car dans tous les cas, l'efficacité du traitement est limitée.

La solution simple est l'incorporation de 10 à 15 % de sels d'ammonium, le plus souvent du phosphate diammoniacal ou du sulfate d'ammonium. Les dérivés phénolés et les porphyrine chlorés sont d'usage courant. Pour que l'efficacité soit réelle, les bruis de liège doivent contenir également de l'oxyde de fer ou de bromate de zinc. Ces produits catalysent la décomposition thermique de la résine et dissolvent une atmosphère incombustible autour du produit.

3) RESISTANCE A LA LUMIERE ET AUX ULTRA-VIOLETS

Une des agents principaux de décomposition est le rayonnement ultra-violet qui peut causer une rupture complète du polypropylène en quelques minutes ou quelques semaines. Des précautions doivent être prises pour que les matériaux ne soient exposés au soleil pendant plus de quatre semaines. Le polyéthylène se ramollit au contact chimique et le polyacétate à l'oxygène. Le même, les polyamides sont plus sensibles que les polyesters. Outre les caractéristiques chimiques, la forme du produit est aussi son importance. Plus grande est la section de la fibre synthétique, plus résistante est la fibre. Le charbon est un pigment absorbant d'ultra-violet et un stabilisateur de chaleur.

L'effet des ultra-violets a été détecté grâce à la lumière X^é. non. Cette lumière permet d'accélérer l'action des ultra-violets.

On le quantifie en Rimes (1400 R) d'activité de cette lumière mesurée pendant 24 heures en position au dehors d'une année (5760 R).

Des essais ont été faits sur une période de cinq ans (5 ans) et il a été prouvé que les résultats obtenus par ces deux méthodes sont similaires.

Il en a été fait sur des fils de Nicotina et on a noté une réduction de la résistance de la traction de 10-15 %.

4) RESISTANCE AU VIEILLISSEMENT

Il n'y a aucune évidence quant aux changements de propriétés des polyesterles une fois installés dans les travaux d'ingénierie. Ces observations ont été faites sur une période de 5 ans. I.C.I avait entrepris des échantillons dans beaucoup de conditions et les résultats peinaient à peine à peine pour fins d'analyses. Par la suite, il a été déterminé qu'il n'y avait aucune détérioration du produit. Tout de même, avant de tirer des conclusions définitives, des essais à long terme devront se faire pour mieux appréhender le phénomène de vieillissement.

B) PROPRIETES CHIMIQUES

L'analyse des propriétés chimiques se fait à deux niveaux :

- Elle débute par l'analyse qualitative des fibres pour la quelle la microscopie optique est, pour la plupart du temps suffisante surtout si elle est accompagnée d'essais de dissolution des fibres sans le moindre problème.
- Elle se termine par une analyse qualitative des divers éléments constituant le liant et les additifs chimiques.

Généralement, les matériaux synthétiques utilisés ont une teneur négligeable en acides forts ($\text{pH} < 4$) et les polyesters aux bases fortes ($\text{pH} > 11$) et les polyéthylène et le polypropylène ont une bonne résistance aux conditions extrêmes.

1) RESISTANCE A L'EAU

L'absorption de l'eau augmente dans la série suivante :

polyéthylène - polypropylène - polyester - polyamide.

Qui qu'il en soit, la présence même de gonflement due à l'eau a une influence négligeable dans les propriétés des polyesterles.

2) ACTION DE LA TEMPERATURE

Le temps de service est chimiquement et physiquement déterminé

par l'influence que les chaînes de molécules ont mutuellement et par la mobilité de la chaîne elle-même.

Le plus souvent, le temps de fusion ne peut se déterminer exactement. Dans beaucoup de cas, on arrive à des résultats approximatifs mais il n'en demeure pas moins que les résultats donnés au tableau ci-dessous sont assez fiables. Les résultats nous montrent que les fibres en polyéthylène et en polypropylène ne peuvent pas être utilisées dans certaines conditions comme par exemple dans les travaux routiers et les digues pour les quels ils risquent de contact avec le bitume chaud. Le polyamide ou spécifiquement le polyester sont plus aptes pour ce genre d'application.

CARACTERISTIQUES	Polyéthylène	Polypropylène	polyamide 6	polyamide 66	Polyester
DENSITE	.95	.91	1.14	1.14	1.38
T° critique	120°C	150°C	170°C	235°C	243°C
T° de fusion	135°C	158°C	215°C	245°C	252°C
W	.01%	.01%	4.5%	4.5%	.4%
Resis. aux ultra-violets	—	—	—	—	—
Resis. chimique					
acide faible	+	+	+	+	+
acide fort	+	+	±	±	+
base faible	+	+	+	+	+
base forte	+	+	+	+	±
Resis. à la traction (N)	4-6	4-6	7-9	7-9	

+ : résistant

— : pas résistant

± : sensible

3) DENSITE

La densité augmente dans la série suivante : polypropylène - polyéthylène - polyamide - polyester (voir tableau précédent.)
 Ce polymère est une grande importance pour la majorité des applications. Cependant pour la protection des végétaux, il est possible de choisir le polyamide plutôt que le polyéthylène car sa densité est supérieure à celle de l'eau.

C) PROPRIETES MECANIQUES

Le développement des géotextiles pour le problème des membranes applicables à ces produits. Ses essais normalisés sont mécaniques pour appréhender les spécifications.

La dernière session du colloque International de Paris sur l'emploi des géotextiles (1977) qui était consacré aux essais et spécifications avait mis en évidence ce dernier rapport à la fois par les utilisations qui permettent pousser comparer directement les produits et par les problèmes posés par le fait connaître les performances de l'une ou l'autre.

La difficulté est que la plupart des essais textiles traditionnels ne sont pas adaptés aux applications nouvelles du domaine de la Géotechnique. Il faut donc modifier certains essais existants ou en créer de nouveaux.

Dans plusieurs pays, des groupes de travail se sont attachés à cette tâche; En France, elle est suivie et coordonnée par le Comité Français des géotextiles tandis qu'aux U.S.A par le US Army Corps of Engineers Noble Ditch (N.D.O) est...
 Parmi les essais qui sont réalisés, on peut citer :

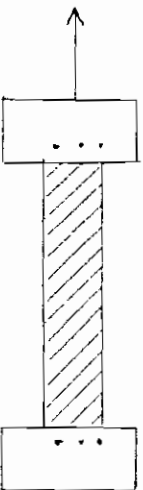
- Essai de traction
- Essai de déchirure
- Essai de poinçonnement
- Essai de tenue à l'eau

- Essai d'éclatement
- Essai de fluage
- Essai de traction du type grab
- Essai de dilatation d'un mandrin cylindrique
- Essai de cisaillement direct.

1) ESSAI DE TRACTION SIMPLE

Dans cet essai, on se propose de déterminer les caractéristiques de contrainte - déformation des matériaux. Il est simple en soi et est très employé dans les industries. Il est normalisé par différents bureaux de ponts: AFNOR, DIN, ASTM, EDENH etc...

La partie active de l'échantillon se présente sous forme d'une bande de $200 \times 50 \text{ mm}^2$. Sa zone bande de friction vient en suite au contact et fait d'environ 50 mm de large. La zone de déformation est constante et est fixée à 100 mm / mm et la rupture doit intervenir dans un délai de $30 \pm 3 \text{ s}$. Le dispositif d'essai est basé sur celui du tensemètre à la différence qu'ici l'échantillon est posé à l'entre des dents d'une pince de la façon suivante :

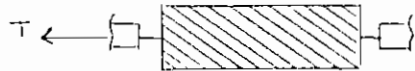


Par ailleurs, L'OSURAD (OKLAHOMA STATE UNIVERSITY

RESEARCH APPARATUS DEVELOPMENT LABORATORY) propose une autre méthode d'essai. L'échantillon utilisé est de $305 \text{ mm} \times 152 \text{ mm}$. Une zone de déformation de 3.05 mm / mm a été appliquée et ceci pour se conformer à la plus petite zone de déformation utilisée en mécanique des sols. Cette zone doit qu'on même être très élevée pour permettre de faire plusieurs essais en un temps raisonnable. Les charges sont dues par un indicateur de charge

du type BHL Model U₁ de capacité 8.9, 22.2 et 44.5 kN. Les déplacements sont contrôlés par un transducteur à courant continu du type Hewlett-Packard. Cette méthode a son importance, car elle a permis de faire des essais de traction sur tous les géotextiles disponibles actuellement sur le marché. Un tableau de résultats de ces essais sera donné en annexe.

2) ESSAI DE TRACTION DU TYPE GRAB



Le test ressemble beaucoup à celui du ring test dont on fera mention, à la seule différence qu'ici, on tient compte du plan de chargement. Il y a en effet deux types d'efforts dont il faut tenir compte :

- les contraintes exercées par l'appareil de traction
- les contraintes additionnelles dues aux matériaux adjacents. Ces contraintes peuvent être grandes dans les non-tissés dont les fibres sont distribuées aléatoirement

Les dimensions du géotextile à utiliser pour le test sont 100 mm x 25 mm. Certains facteurs comme l'étensibilité, le module de rigidité, la contrainte et l'énergie de rupture constituent des éléments d'une grande importance.

Le test constitue en soi une grande approche de ce qui se passe dans la réalité.

3) ESSAI DE TRACTION DU TYPE TEAR

Il s'agit d'un essai de déchirement. Il nous permet de saisir le comportement du géotextile vis à vis d'une pierre tranchante. La vitesse de déformation doit être relativement lente pour mieux simuler la réalité. Pour la majeure partie des géotextiles, la grande vitesse de déchirement n'est pas pertinente.

Pour simuler le déchirement, on utilise un échantillon de 150 mm x 150 mm

et on emploie un crochet pointu qui servira d'abord de cause de déchirure initiale et ensuite de la propager.

Il existe un autre type d'essai qui est celui du déchirement latéral ou essai de traction du type wing tear.

Le principe de montage est le même que celui du tanniomètre mais la seule différence réside dans les prises (voir schéma ci-dessous.)

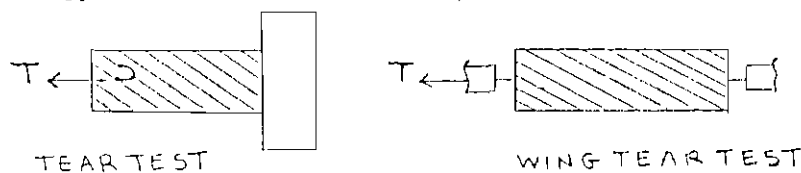
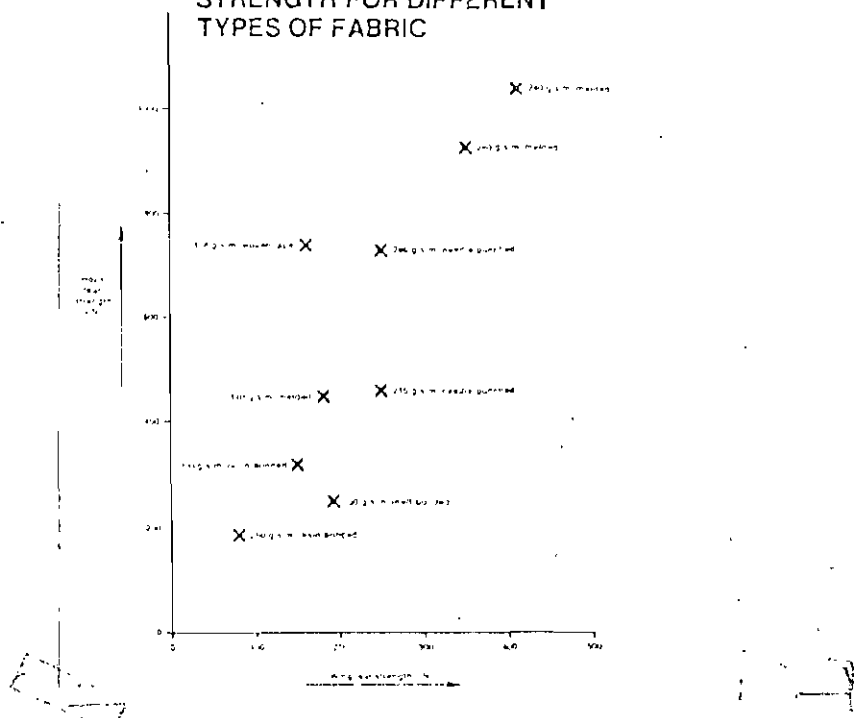


FIG. 11. COMPARISON OF HOOK TEAR STRENGTH AND WING TEAR STRENGTH FOR DIFFERENT TYPES OF FABRIC



La figure ci-dessus nous donne une comparaison entre les résultats des deux essais. Pour tous les échantillons étudiés, l'effort à la rupture du tear test est presque double de celui du wing tear test. Encore une fois de plus, ces deux essais nous permettant d'appréhender les faiblesses des géotextiles et le genre d'efforts aux quels ils résistent le plus.

4) ESSAI DE POINÇONNEMENT

Cet essai veut symboliser l'effet d'une chute de pierre sur la membrane. L'énergie absorbée par la membrane est déterminée par la pénétration du cône. Le schéma du montage (voir ci-dessous) est assez exhaustif. La membrane est pré-tensionnée tout autour d'un tambour d'une force de 20 kN. Cette force devra être augmentée progressivement au rythme de 50 kN/s.

Il existe un autre essai du même type que celui-ci. La membrane est pré-tensionnée sous une force de 60 kN/m et dans le sens longitudinal seulement.

Dans tous les cas, les forces et les déplacements sont enregistrés par des appareils appropriés (voir schéma de montage) en fonction du temps.

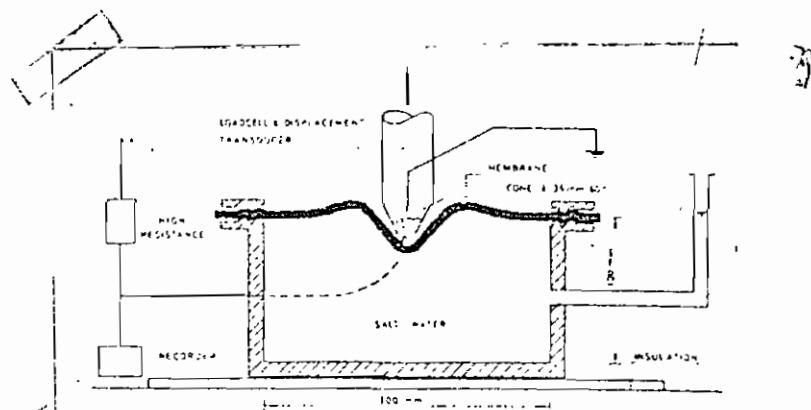


Fig. 9: Principle of cone-penetration test

Les contraintes sur la membrane sont limitées par l'effet de drainage. Dans les conditions normales d'expérience, il ne doit y avoir aucune fuite d'eau. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle un indicateur est suggéré.

5) ESSAI DE TENUE A L'EAU

Des essais ont été déterminés selon le modèle de l'OSURAD précédemment décrit pour déterminer l'effet de l'eau salée sur la résistance à la traction des géotextiles. Les membranes ont été immergées dans de l'eau salée artificiellement préparée pendant une période de cinq (5) semaines. Après trempage, les membranes furent enlevées et soumises à l'essai de traction.

dont les résultats figurent ci-dessous.

MATERIAUX	RESISTANCE ULTIME en kN/m de LARGEUR		PERTE DE RESIS- TANCE %	TENEUR EN EAU
	ECH. TREMPE	ECH. NON TREMPE		
NICOLON 66475	158	148	6.4	20.2
POLYESTER X	54	37	31.8	1.8
NICOLON 66186	40	36	8.4	25.7
AUTRE TYPE	44	36	17.5	1.4

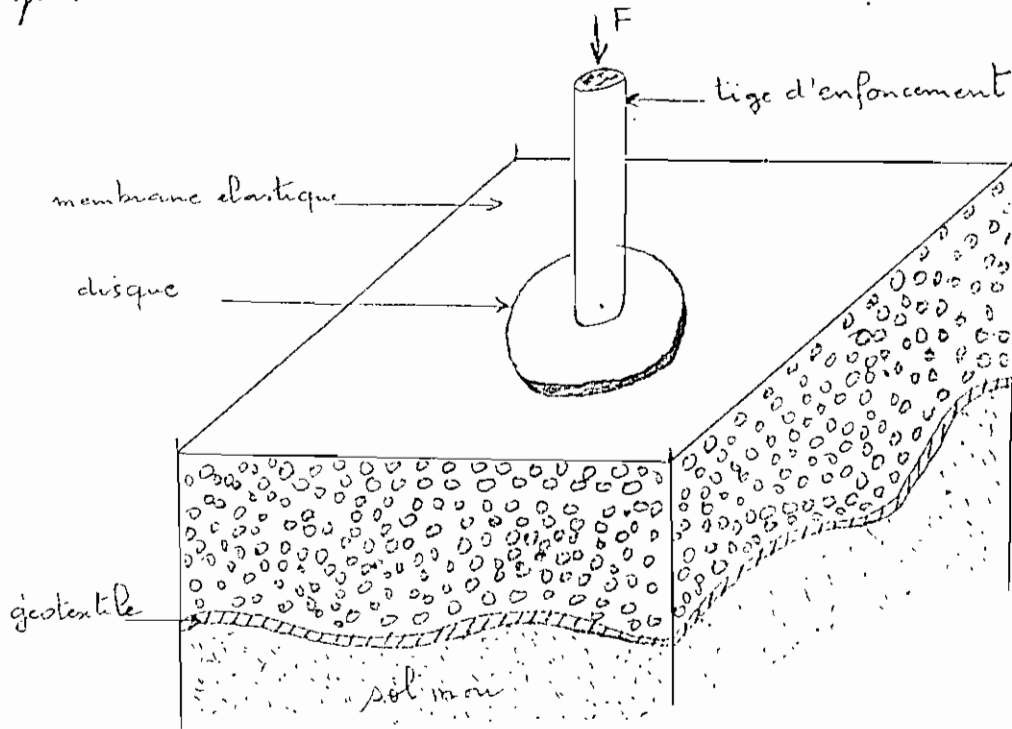
Pour pouvoir tirer des conclusions pertinentes, l'essai doit être fait sur une plus longue période conformément à l'utilisation qu'on en fait en Gé-nie.

6) ESSAI D'ECLATEMENT

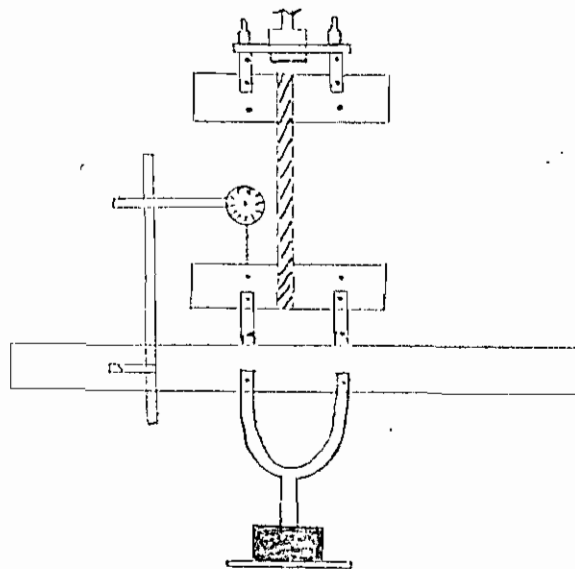
Les tentiles sont généralement chargés dans un plan perpendiculaire à leur plan d'étalage sur le sol. C'est d'ailleurs pour quoi, ils se déforment triaxialement, le type de chargement peut être visualisé par l'effet d'une pierre sur un geotentile reposant sur un sol mou. Plusieurs observations de ce phénomène ont été faites et on essaie de simuler les différentes actions sur le geotentile à travers l'essai d'éclatement. Le schéma du montage est représenté à la page suivante.

La membrane élastique permet au geotentile de prendre la forme sphérique. L'éclatement se produit quand les déformations ultimes ne peuvent plus se produire. Le test donne une mesure de la pression nécessaire pour causer la rupture du tentile mais il permet aussi grâce à la hauteur induite du dôme, une évaluation de la capacité de déformation du geotentile. Ceci est d'une grande importance surtout si le tentile est utilisé comme séparateur par dans ce cas, il doit se déformer plus qu'à ce que le

sol - sol prenne toute la charge. Dans le cas où le textile ne se déforme pas assez, il doit supporter une grande partie des charges. La plupart des géotextiles éclatent pour des charges comprises entre 100 et 300 N/cm² pour des hauteurs de dômes comprises entre 1 et 2 cm.



7) ESSAI DE FLUAGE



SCHEMA DU MONTAGE

Le schéma du montage est assez schématisé. L'essai s'effectue sur une membrane de 25 mm x 25 mm. On doit noter les charges correspondant aux élongations de 2, 6 et 10% lesquelles élongations ont été déterminées à partir de l'essai de traction simple.

Il est à noter que les géotextiles à grand fluage ne sont pas recommandés dans les remblais de digues.

8) ESSAI DE CISAILLEMENT DIRECT

Cet essai ne peut pas traduire exactement le phénomène d'interaction sol-textile mais il permet qu'en même d'avoir une mesure, donc une approche très sûre de la réalité. Il nous permet de déterminer l'angle de frottement interne à l'interface sol-textile sous différentes valeurs de contraintes normales.

Pour faire cet essai, on utilise une boîte cubique de cisaillement de dimensions 51 mm x 51 mm. La boîte est à moitié remplie de métal encastré. Le textile est posé sur ce métal et ensuite, on remplit la boîte de sable fin soigneusement lavé à granulométrie étalée.

Cet essai a été fait pour un sable ayant les caractéristiques suivantes :

- 100% des grains passent le tamis 2 mm
- 83% " " " " " 450 μ m
- 2% " " " " " 150 μ m
- $C_u = 1.3$

Avant de faire l'essai, il a été déterminé par angle de frottement interne dans les conditions naturelles et compactées. Le tableau des résultats est donné et donné à la page suivante. Il permet de tirer certaines conclusions dont :

- Dans les conditions naturelles, l'angle de frottement interne

- ne varie pas beaucoup avec ou sans interposition de geotextile.
- Dans les conditions de sable compact, on note l'effet contraire. L'angle de frottement varie de beaucoup.
 - Avec le sable non compact, l'interposition de geotextile augmente l'angle de frottement interne donc augmente l'effet de cisaillement du sol. Ceci est important dans les remblais sur terrains mous.
 - Avec du sable compact, l'interposition de textile diminue l'angle de frottement interne.

Matériaux	Angle de frottement interne	
	sable non compacte	sable compacte
sable pur	30	50
sable + Nicolon 66475	32	41
sable + Polyfelt X	32	40
sable + Nicolon 66186	29	46

9) ESSAI DE DILATATION D'UN MANCHON CYLINDRIQUE

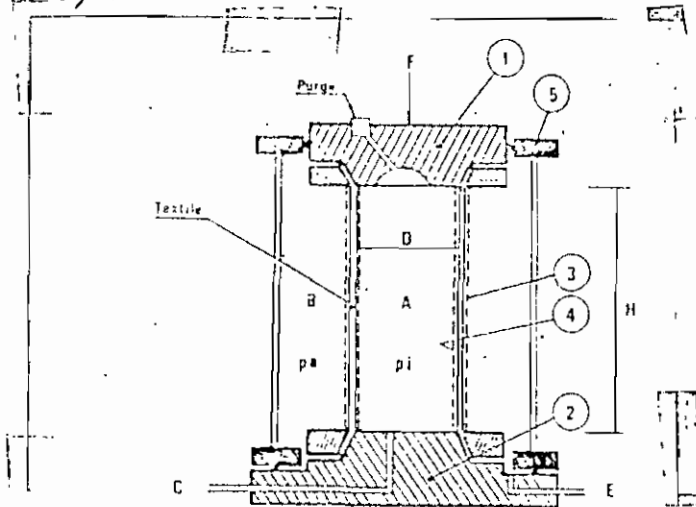
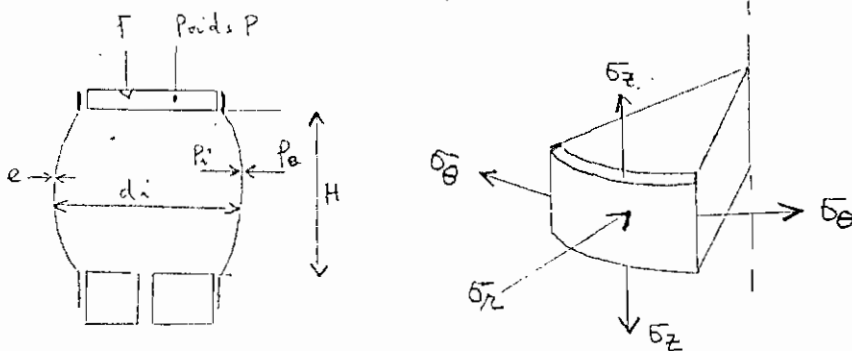


Figure 1 - Schéma de l'appareil d'essai

Le principe de l'essai est basé sur la théorie des cylindres à paroi mince. Un manchon cylindrique (du textile considéré - diamètre 10 cm - longueur utile 20 cm - est fixé aux extrémités sur les embases de la cellule d'essai. Le manchon est protégé uniquement sur la face inférieure ou sur les faces selon le type d'essai, par une ou deux membranes en caoutchouc (3 et 4).

Un moyen de montage, non représenté sur la figure, permet de maintenir l'embase supérieure en position. Une cloche (3) s'emboîtant sur l'embase supérieure (1) est fixée sur l'embase inférieure (2).

Des joints toriques assurent l'étanchéité. L'intérieur du manchon (A) est rempli d'eau. L'espace extérieur (B) peut être rempli d'air (essai à sec) ou d'eau (essai au mouillé) à la pression atmosphérique ou à une pression supérieure. Il peut également être mis sous pression avec membrane extérieure. L'essai est réalisé en maintenant la pression extérieure p_e constante et en injectant à l'intérieur du manchon A, de l'eau sous pression p_i . Pendant l'essai, on note les variations du volume intérieur ΔV correspondantes; la hauteur H du manchon est maintenue constante et l'on note l'effort F de réaction sur l'embase supérieure. On se trouve ainsi en conditions de déformations planes.



On considère que le manchon reste cylindrique au cours de l'essai.

d_i = diamètre intérieur du manchon

e = épaisseur de textile considérée comme constante.

$\sigma_z =$ contrainte parallèle à l'axe du manchon

$\sigma_\theta =$ contrainte circumférentielle de traction

$\sigma_r =$ contrainte suivant un rayon

$\epsilon_z =$ déformation de l'axe dans la direction parallèle à l'axe du manchon

$\epsilon_\theta =$ déformation circumférentielle

$d_{i0} =$ diamètre intérieur; de manchon à l'état initial

On a les relations suivantes :

$$d_{i0}^2 = d_{i0}^2 + 4 \frac{\Delta V}{\pi d_i}$$

$$\epsilon_\theta = \frac{d_{i0}}{d_{i0}} - 1$$

$$\epsilon_r = 0$$

$$\sigma_\theta (d_{i0}/a_0) = \frac{d_{i0}}{2} (p_e - p_i)$$

$$\sigma_z (d_{i0}/a_0) = \frac{d_{i0}}{4} (p_e - p_i) + \frac{F + P}{\pi d_i}$$

$$\nu = \frac{\sigma_z}{\sigma_\theta} \Rightarrow E = \frac{1}{\epsilon_\theta} \left(\sigma_\theta - \nu \sigma_z \right) \cdot (d_{i0}/a_0)$$

Cet essai permet d'avoir les mesures plus exactes et des déformations dans les 3 directions principales. Il permet de vérifier de ces essais sans des contraintes de compression variables dans le sens de l'épaisseur du tube. Les matériaux présentant des poids ou m² différents, il est donc intéressant de voir comment varient les caractéristiques mécaniques en fonction des épaisseurs et de comparer quelque part la nature des fibres que la résistance à la rupture varie dans le même sens que le poids ou m² (grammage) et on est de même que le module de déformation.

L'allongement des produits à base de polypropylène et de acan p plus élevée que ceux en base de polyester.

Néanmoins, cet essai ne peut pas être considéré comme un essai de

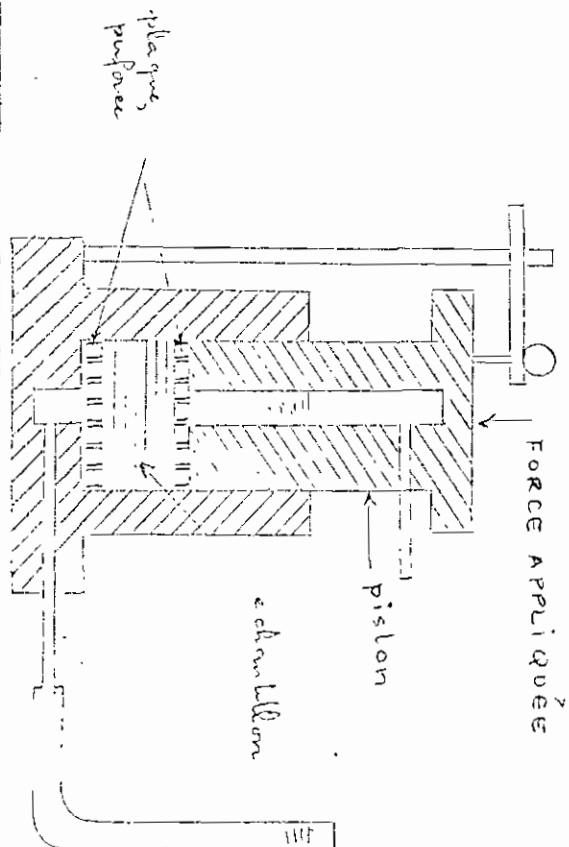
de contrôle de surface mais plutôt comme un essai d'étude des pores.
 Caractère général des porosités.

D) PROPRIETES HYDRAULIQUES

Cette partie complète la section détermination des caractéristiques des géomatériaux. Elle nous permet de définir sommairement les fondements des géomatériaux. Elle se compose de différents essais que nous citerons :

- La porosité et l'indice des vides
- La perméabilité verticale
- La perméabilité horizontale
- Le colmatage.

1) LA POROSITE ET L'INDICE DES VIDES



SCHEMA DU MONTAGE

La porosité et la distribution des vides ou la géotextilité. Elle est faite au des échantillons composés de 10 disques de 10 cm de diamètre, disposés dans les supports à l'aide de pièces, empilés dans l'ordre. Les mêmes pièces sont en fait adhésives qui permettent d'éviter des effets sur l'échantillon par l'introduction d'air.

proton. On mesure les rayons d'échardons à l'aide d'un comparateur à grande course, généralement mis au zéro, l'appareil étant vide. La lecture de la hauteur s'effectue 5 mm après le moment de la charge et l'indica des rides est égal au rapport du volume des rides sur le volume des fibres (celles-ci étant considérées comme incompressibles)

$$e = \frac{V_{\text{rides}}}{V_{\text{fibres}}} = \frac{V_{\text{total}}}{V_{\text{fibres}}} - 1$$

$$e = \frac{R A T_S}{W_S} - 1$$

R = Rayon de l'échardonn

T_S = masse volumique du produit en g/cm³

A = section de l'échardonn

W_S = masse de l'échardonn sec en grammes.

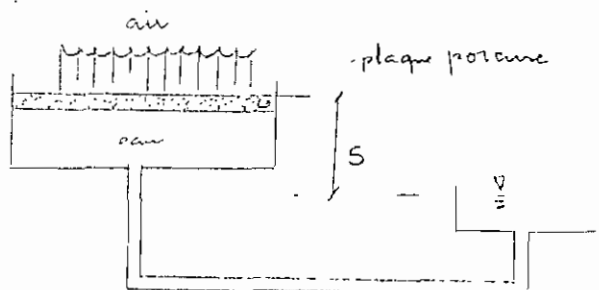
La porosité est différente de la perméabilité qui est l'état des dimensions des pores. A ce niveau, la littérature semble même se confondre. De toute façon, il y a le corps de méthodes d'essai qui permettent de déterminer la perméabilité des géotextiles notamment :

- L'essai de suction
- L'essai E.O.S.

L'essai de suction consiste à placer un non-tissé poreux sur une plaque poreuse d'un diamètre permettant d'y placer une pression négative ou suction à l'eau atmosphérique. Les conductes de plus gros diamètres se vidant rapidement que les autres sont particulièrement l'effet des menues pores fermés. A l'équilibre, la pression négative appliquée s'ajoute à la dimension des conductes qui restent poreux vérifiant la relation de Laplace

$$\Delta p = - \frac{4 \gamma \cos \alpha}{d}$$

A = tension superficielle
 d = diamètre des conduites
 α = angle de raccordement



PRINCIPE DE L'ESSAI DE SUCCION

L'essai E.O.S consiste à mesurer les dimensions des pores en agitant des billes sphériques sur le géotextile. Les résultats qu'on trouve sont fiables si on utilise des dimensions de billes standard donc plus grandes que 90μ . Les dimensions ainsi trouvées ne sont que les dimensions effectives et non les véritables dimensions. Il y a une inter. relation entre les passants et la distribution des pores.

Pour l'essai, on utilise 12 séries de billes sphériques dont les dimensions varient de 600μ à 30μ . 85% des billes doivent appartenir à une série donnée soit 195μ pour les grandes billes et 25μ pour les petits. Cet essai est empirique car des billes peuvent s'intercaler à l'intérieur des fibres et changer ainsi la structure intérieure du géotextile. D'ailleurs, il n'est pas étonnant que cet essai soit très critiqué aujourd'hui.

2) LA PERMEABILITE

Les matériaux non-tissés se présentant sous forme de nappes dont 2 dimensions sont très grandes par rapport à la 3^e, il est possible de définir une perméabilité verticale k_v (perpendicular au plan de la nappe) et une perméabilité horizontale k_h (dans le plan de la nappe).

La perméabilité est étudiée en fonction des contraintes exercées sur la nappe du fait de leur grande compressibilité.

A) LA PERMEABILITE VERTICALE

Le montage précédent reste valable pour cet essai. Les débits à la sortie du piston sont mesurés par chronométrage et pesée. Les hauteurs de l'échantillon traversé sont mesurées grâce à un comparateur mis au zéro pendant que l'appareil est vide. La perméabilité de l'échantillon est :

$$K_v = \frac{Q}{A} \frac{H}{h}$$

K_v = perméabilité verticale

Q = débit mesuré

H = hauteur de l'échantillon

h = perte de charge dans l'échantillon

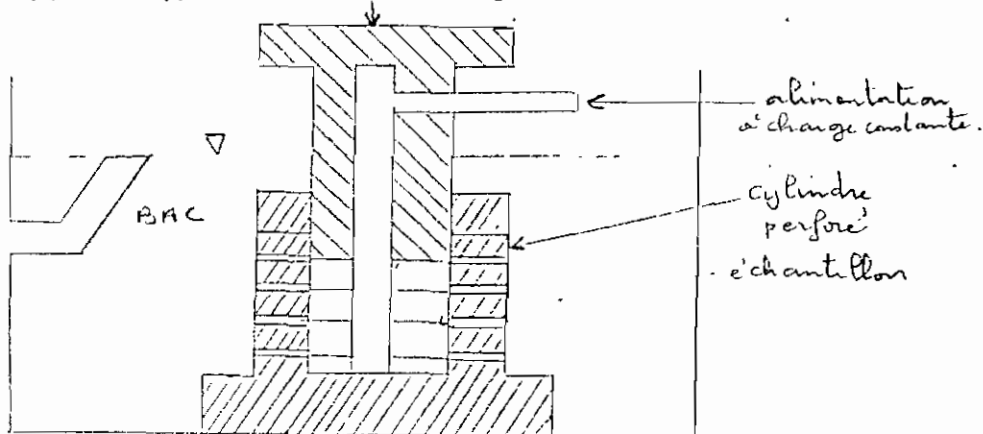
La perméabilité varie en ses niveaux de la viscosité tandis que cette dernière est une fonction de la température.

$$K_{20} \eta_{20} = K_{\theta} \eta_{\theta}$$

$$\eta_{\theta} = \frac{0.0179}{1 + 0.03365\theta + 0.00022\theta^2} \quad (\theta \text{ en } ^\circ\text{C})$$

Bardillon a effectué des essais avec une perte de charge hydraulique totale de 0,5 m. La perte de charge due à l'échantillon est isolée en ôtant la perte de charge due à l'appareillage pour un débit donné. Le courbe de calibrage donne le débit Q écoulant dans l'appareil à vide en fonction de la charge hydraulique qui lui est appliquée.

B) LA PERMEABILITE HORIZONTALE.



Un bac est placé sur un bâti cédométrique pour appliquer des efforts sur des disques par l'intermédiaire du piston.

On utilise un échantillon d'échantillon de 10 cm de diamètre. Les échantillons sont tronés au milieu et le diamètre du trou est de 3 cm, ce qui leur confère une surface de 76.47 cm^2 .

L'eau est amenée par le piston au centre de l'échantillon et après cheminement horizontal, elle est évacuée dans le bas à niveau constant par des trous forés dans la paroi cylindrique sur toute la hauteur de l'échantillon. Les faces supérieures et inférieures de l'échantillon sont vaselonnées: au contact du piston et du fond du moule pour éviter les écoulements préférentiels. La perte de charge avait été maintenue à 0,5 m. La courbe de calibration doit être établie pendant que l'appareil est à vide.

L'écoulement au sein de l'échantillon sur des surfaces équipotentielles qui sont des cylindres de rayon r et de hauteur H , la loi de Darcy nous donne :

$$q = K_R \frac{dh}{dr} \quad 2\pi H$$

et après intégration, on obtient :

$$Q = \frac{2\pi K_R H \Delta h}{\ln R/r} \quad \text{ou} \quad K_R = \frac{Q}{2\pi H \Delta h} \ln R/r$$

R = rayon extérieur de l'échantillon : 5 cm

r = rayon intérieur de l'échantillon : 1,5 cm

Q = débit en m^3/s

H = hauteur de l'échantillon

Δh = perte de charge dans l'échantillon.

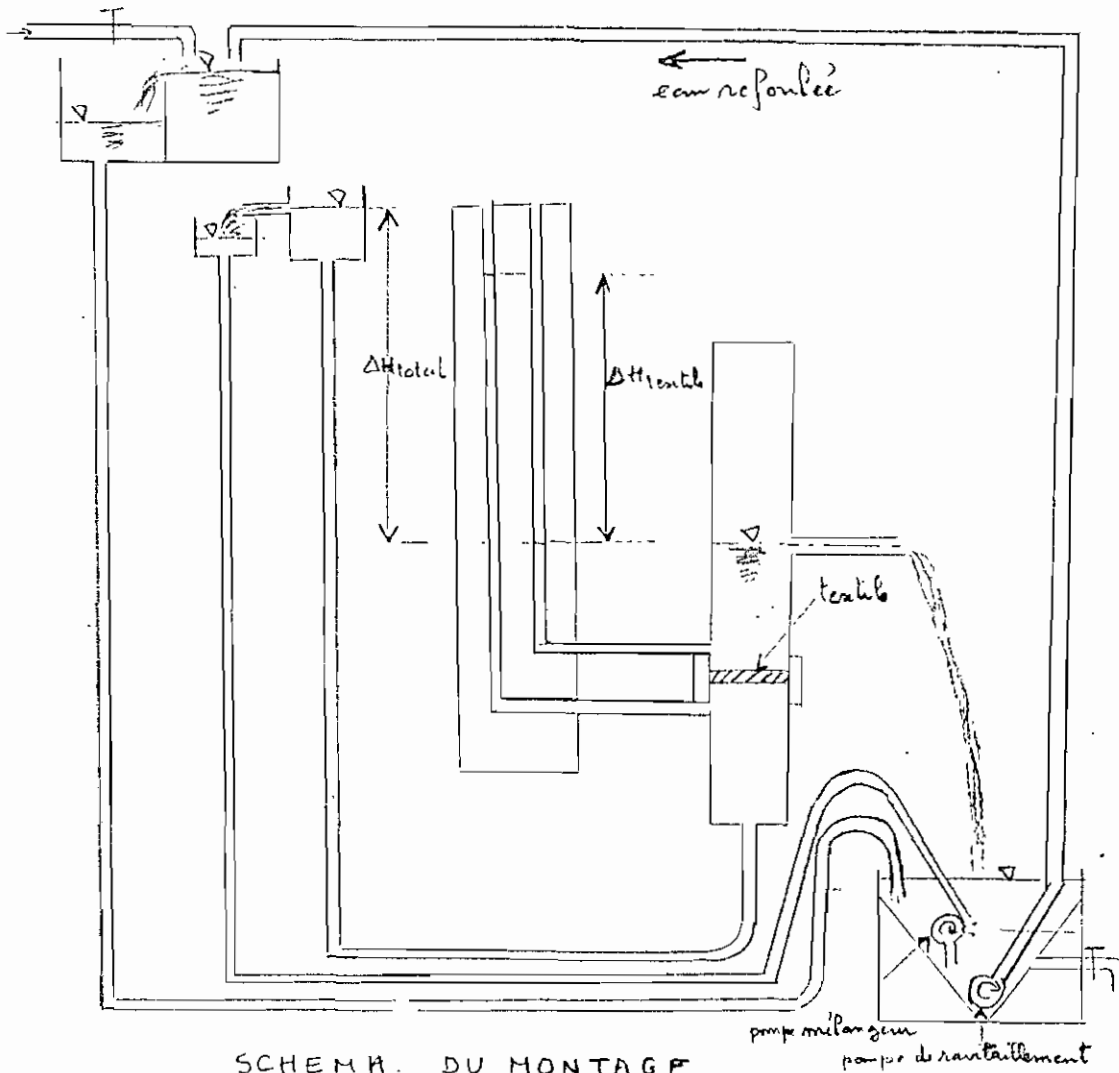
Les perméabilités mesurées pour beaucoup de géobulles varient entre 10^{-4} et $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ lors que les contraintes exercées varient entre $3 \cdot 10^5$ et $0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Ainsi, pour beaucoup de géotextiles, les perméabilités horizontales et verticales sont identiques.

3) LE COLMATAGE

Par colmatage, on entend une réduction de la perméabilité par suite des dépôts de particules très fines ou de liaisons chimiques dans les mailles du textile. Dans notre analyse, on utilisera 3 types d'échantillons dont :

- l'eau de robinet
- l'eau boueuse
- l'eau de Canal



Pour réaliser l'essai, on utilise un man-tin¹ de 5 cm de diamètre et on le fixe dans le tube tel qu'indiqué dans le schéma de montage de reservoir de stockage et installé par le topi-plein du reservoir central. Le circuit de l'échantillon et fermé par l'eau issue du reservoir de stockage et recirculée d'habitude en reservoir central. Par pallier à la sédimentation, l'eau du reservoir est brassée par une pompe. Pendant l'essai, on ajuste une certaine vitesse de filtration sur le tube et ce fait, la perte de charge correspondante sera maintenue durant toute l'opération de l'opération. Le phénomène de sédimentation sera un effet résiduel due sur la perméabilité et c'est la raison pour laquelle le temps ou temps on devra augmenter la perte de charge.

Pendant l'essai, on mesure à des temps réguliers, la débit sur du tube. Le delta différence de perte de charge.

a) ESSAI AVEC L'EAU DE ROBINET

Cet essai a été mis au point pour voir l'effet de nature des composés chimiques contenus dans l'eau. L'eau doit être préalablement analysée afin de déterminer les éléments composante et ensuite l'eau ayant des propriétés chimiques et tactile ne sera pas recirculée.

Après 400 heures, aucun effet sédimentaire n'a été observé sur les man-tins. Les dipritions sur les man-tins ont été analysées et elles apparaissent comme étant des composés ferreux. Pour permettre tout des conditions pertinentes, l'essai devra se faire pendant les 50 jours.

b) ESSAI AVEC L'EAU ROUEUSE.

On donne les échantillons utilisés à l'aide du paramètre D_{90} . D_{90} = diamètre moyen de grille fin de l'échantillon dont 90% passe à travers la grille. Que D_{90} soit grand et très important, autant grand la grille doit jouer un rôle de drainage. Les petites valeurs de D_{50}/D_{90} impliquent la présence d'un nombre rela-

tirement de petites quantités au 1^{er} test. Les des quelle ouverture peut être possible au phénomène de colmatage. On doit déterminer aussi les temps correspondant à ces paramètres caractéristiques (D_{50} , D_{90})

c) ESSAI AVEC L'EAU DU CANAL

d'analyse des propriétés chimiques de cette eau doit être faite. Les pHs et les algues sont sources de matières organiques. Cette eau est plus possible au colmatage. La présence d'algues en forme de fillet ou est peut être la cause.

Cet essai a été fait par beaucoup de chercheurs et présente une grande difficulté dans les résultats.

Ces trois types d'essais amènent à : trois quelques conclusions :

- En parlant de la nature des particules transportées, les des sédiments sont plus ou moins sensibles au colmatage.
- La vitesse de colmatage augmente ou peu inverse du paramètre D_{90}
- Les pHs, valeurs de D_{50} / D_{90} augmentent la perméabilité au colmatage.
- Sans les conditions de ces différents tests, les pHs grandines seraient beaucoup plus sensibles.

CHAPITRE IV

FONCTIONS *des*

GEOTEXTILES

IV) FONCTIONS DES GEOTEXTILES

Le développement au quel nous assistons actuellement sur l'emploi des géotextiles en association avec des sols attestent de la fécondité de l'union des 2 types de matériaux. Les bases de cette association féconde part d'avoir à la fois des éléments communs nécessaires pour s'admettre réciproquement et ce en harmonie et des qualités différentes et complémentaires pour s'appuyer mutuellement. Ainsi, le problème de compatibilité sol - textile est posé. L'expérience actuelle semble indiquer que les bases communes essentielles sur lesquelles repose l'accord entre les 2 types de matériaux sont le niveau de déformabilité et l'échelle granulométrique.

Les sols peuvent être très déformables par rapport aux textiles dont on dispose mais ces derniers ont l'avantage exceptionnel d'être peu sensibles pour pouvoir s'adapter.

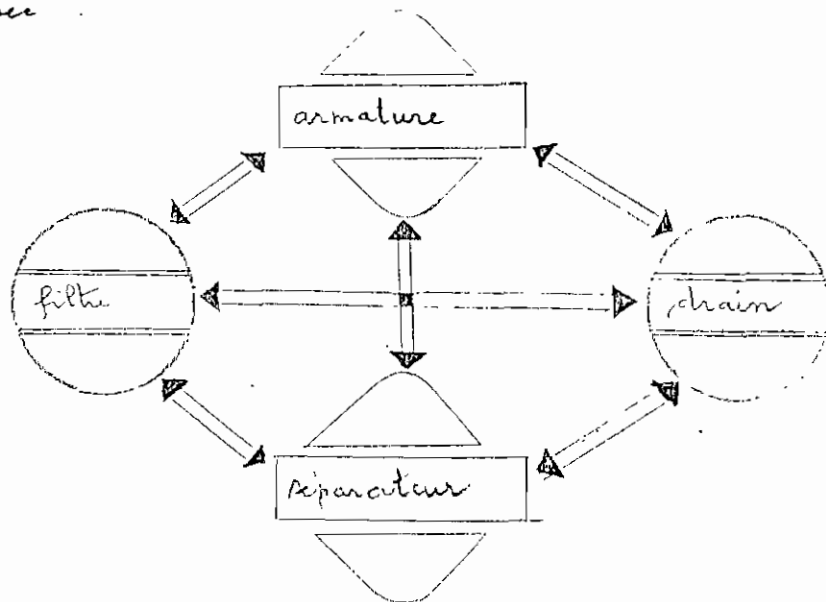
L'autre point majeur du textile est l'ordre de grandeur du diamètre des fibres qui le constituent. Cet ordre de grandeur est de la dizaine de microns. Pour les sols, cela correspond à la limite entre fraction granulaire et fraction fine. C'est un domaine critique vis à vis des phénomènes physiques dont les sols sont le siège. Le fait que les textiles soient constitués d'éléments qui se situent à cette échelle de grandeur est certainement un facteur essentiel pour permettre l'intimité de son association avec les sols.

Outre les aspects de déformabilité et de granulométrie, il semble que l'aspect fondamental du rôle des textiles dans ses applications en géotechnique est d'introduire un élément de continuité des déformations (déformations de la masse de sol dans son ensemble, rupture localisée du sol, déplacements de particules les uns par rapport aux autres.) Ces 3 types de modifications dans les déformations qu'apporte le textile

illustrent les différentes échelles sur lesquelles se place l'effet du textile : échelle de l'ensemble de l'ouvrage, échelle locale et échelle de la particule.

D'autre part, les géotextiles étant un matériau inhabituel, des approches elles-mêmes inhabituelles sont parfois nécessaires. Des essais exhaustifs et conséquents doivent être attribués à chaque type de fonction. Des études expérimentales et théoriques seront indispensables pour prendre pleinement conscience du comportement particulier des matériaux textiles et de leurs ressources. Une conception rationnelle de l'association structurale des sols et des textiles implique donc d'adopter à la mécanique des sols, une mécanique des textiles.

Pour illustrer les différentes fonctions des géotextiles, nous utilisons l'image de Jacques Côté lors du 36^e Congrès de l'A.C.R.G.T.O. au Québec.



1) RÔLE DES GEOTEXTILES DANS LES REMBLAIS

L'utilisation des géotextiles dans ce domaine ne date pas d'aujourd'hui. Déjà vers 1700, nos grands parents utilisaient des fascines (branches d'arbres) pour stabiliser les sols et créer des zones d'accès en milieu rural particulièrement là où le terrain est

tomber.

De nos jours, avec le développement incessant de la science, les gestuelles sont simplifiées systématiquement les fascines. Si lors, on est en droit de se poser la question de savoir quel est le rôle effectif des gestuelles dans le combat ?

L'homme veut s'interroger :

- Ils jouent le rôle d'interlocuteur
- Ils ont une fonction mécanique
- Ils surprotègent la portance
- Ils réduisent et facilitent le processus de l'assaut

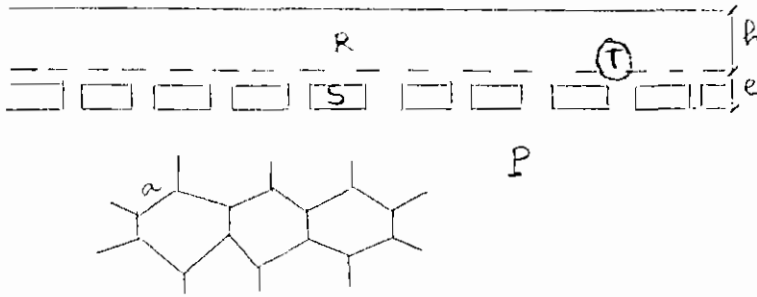
Grâce à la complexité des phénomènes gestuels on est des caractéristiques des gestuelles, l'expérimentation prouve si la base des rôles qui se jouent sur les gestuelles.

1.1) RÔLE MÉCANIQUE

Le gestuelle doit s'opposer au développement des ruptures localisées qui apparaissent dans les zones les plus faibles en reportant localement la résistance à la traction à la résistance générale du sol. De plus, cette résistance supplémentaire existe, en réduisant le déplacement local, un mouvement important du sol de ces zones et par conséquent l'effet py. agissant qui se maintient. Cette façon de voir montre que dans un tel problème, la résistance à la traction de telle sorte doit être mise en parallèle si l'on veut par exemple comparer l'efficacité des différents types de différents sols, mais pas avec la résistance moyenne non renforcée par matériaux, mais avec la résistance renforcée des zones les plus faibles. On peut conclure que les systèmes de théories, même les simplifiés, ont un avantage si prendre un compte des phénomènes localisés pour se rapprocher de la réalité.

Prenons le cas de voir d'accès sur tomber et saugons de voir l'in-

Intervention des différents paramètres.



La tombe est schématisée par un matériau homogène P surmonté d'une couche superficielle S que l'on suppose constituée de blocs élémentaires de forme hexagonale. Cet ensemble est surmonté d'un matériau de recouvrement R avec interposition d'un toutle T.

Le matériau P a une cohésion C. Les blocs d'épaisseur e et de côté a sont supposés d'une résistance suffisante pour être considérés comme rigides. Le toutle a une résistance à la traction par unité de largeur t. Le matériau R a une épaisseur h. Nous ne prenons pas en compte pour le rôle de distribution des charges pour ce nous intéressons qu'à la force nécessaire à l'enfoncement d'un bloc élémentaire de la couche superficielle S au niveau de la nappe toutle et immédiatement en dessous de cette dernière.

Lors qu'un bloc s'enfonce sous l'effet d'une charge verticale, la résistance maximale V qu'il oppose est formée de plusieurs termes :

- la force d'enfoncement dans le matériau P située sous le niveau inférieur du bloc ; cette force se décompose en deux parties :

+ le terme de cohésion V_1 défini par Terzaghi

$$V_1 = 1.3 C N_c S = 1.3 \times 5.7 \times \frac{3a^2\sqrt{3}}{2} \approx 20 a^2 C$$

+ le terme de profondeur $V_2 = \gamma(h+e)$

$$N_q = 1.8 (h+e) \quad (\text{on admet que l'angle de frottement interne est nul et } \gamma = 1.8 \text{ g/cm}^3)$$



école polytechnique
de thèse

— La résultante des forces de cohésion sur les faces verticales du bloc qui p'écrit : $V_3 = 6acc$

— La tension du textile à la périphérie du bloc qui est :

$$V_4 = 6at$$

$$\text{Soit } V = \text{résultante des forces qui p'écircent} \\ = 20a^2c + 1.8(h+e) + 6acc + 6at$$

Application numérique :

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$e = 20 \text{ cm}$$

$$c = 100 \text{ g/cm}^2 = 0.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = 20 \text{ kg/cm}$$

$$a = 50 \text{ cm}$$

$$V_1 = 5000$$

$$V_2 = 108 \Rightarrow V_1 + V_2 + V_3 = 5708$$

$$V_3 = 600$$

$$V_4 = 6000$$

On constate que la contribution du textile est égale à la moitié de l'effort total. Si en l'absence du textile, le ramaniement du sol avait réduit de moitié la cohésion du sol, on serait arrivé à :

$V_1 + V_2 + V_3 = 2308$ soit le tiers de la résistance totale dans la 1^{re} hypothèse de mobilisation complète de la résistance du textile. Pour des valeurs de a plus faibles, la contribution relative du textile est encore plus élevée.

Il est à souligner au sujet de ce calcul très élémentaire (qu'il faudrait pousser plus loin pour tenir compte de la réaction des blocs entre eux) qu'il a pour seul but d'illustrer le fait que l'hétérogénéité du sol, par son influence sur les déformations influe de façon considérable sur le rôle que peut jouer un textile dans ce type d'applications. Cette influence est double :

- faire jouer localement la résistance du textile, ce qui peut mobiliser sa résistance avec des déformations d'ensemble faibles car l'allongement n'est que localisé
- empêcher l'effet néfaste du remaniement des zones du sol dont

la résistance est déjà faible.

1.2) ROLE D'ANTICONTAMINANT

La nappe de géotextile empêche l'interpénétration du sol fin et du matériau rapporté et s'oppose ainsi à la dégradation du matériau supérieur par migration des fines. Cet effet est certainement très important dans de nombreux cas, probablement surtout lorsque les conditions de réalisation favorisent la présence à la surface du sol avant pose du textile d'une couche, ou de zone ou de boue liquide.

1.3) LES GEOTEXTILES AUGMENTENT LA PORTANCE DES SOLS, ACCELERENT ET REDUISENT LES TASSEMENTS.

La compréhension de ces effets pourrait être facilitée en partant du résultat et de l'analyse d'un essai. Dans cet essai, on va essayer d'appréhender l'effet d'inclusion d'un géotextile entre une couche de base soltense et une couche de fondation en gravier et l'effet de l'épaisseur de la couche de fondation sur la portance et le tassement.

	silt	gravier
p	17.7 kN/m ³	20.3 kN/m ³
w	15.3 %	4.9 %
$d < 0.002$	11 %	0 %
$d < 0.06$	9 %	0 %
$d < 2.0$	100 %	43 %
$d < 6.0$	100 %	66 %

CARACTERISTIQUES DU SILT ET DU GRAVIER

Le déroulement de l'essai p effectuée en 4 séries 0, A, B, C subdivisées en 4 sous-séries 1, 2, 3, 4 telles que montrées à la figure suivante:

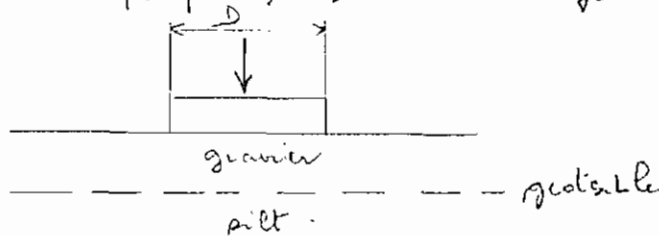
A 4 W = 15.3% epg = 15cm	A 3 W = 17% epg = 15cm	A 2 W = 19% epg = 15cm	A 1 W = 20.2% epg = 15cm
C 4 W = 15.3% epg = 45cm	C 3 W = 17% epg = 45cm	C 2 W = 19% epg = 45cm	C 1 W = 20.2% epg = 45cm
B 4 W = 15.3% epg = 30cm	B 3 W = 17% epg = 30cm	B 2 W = 19% epg = 30cm	B 1 W = 20.2% epg = 30cm
O 4 W = 15.3% epg = 30cm	O 3 W = 17% epg = 30cm	O 2 W = 19% epg = 30cm	O 1 W = 20.2% epg = 30cm

epg = épaisseur de gravier.
chaque section = $0.2 \times 3 \text{ m}^2$

Avant l'emplacement du remblai, l'essai CBR a été fait sur ces différentes sections et a donné les résultats suivants :

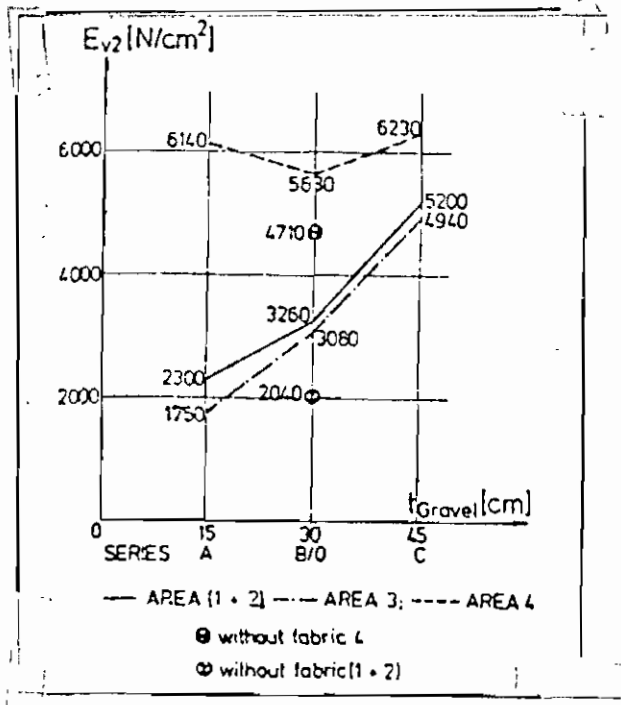
section	W %	$E_{v2} \text{ (N/cm}^2\text{)}$	CBR %
1	20.2	650	0.94
2	19	900	1.35
3	17.1	2450	2.8
4	15.3	4500	—
1+2	19.6	780	1.6

L'essai de portance se fait à l'aide d'une plaque circulaire de 30 cm de diamètre posée sur la couche de gravier comme suit :



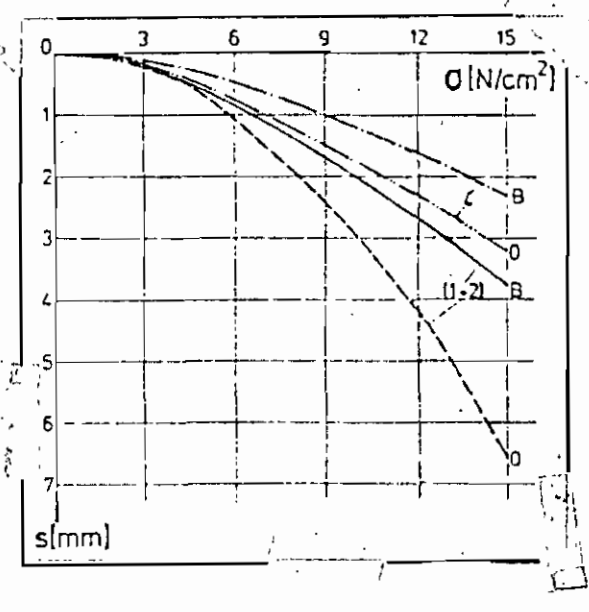
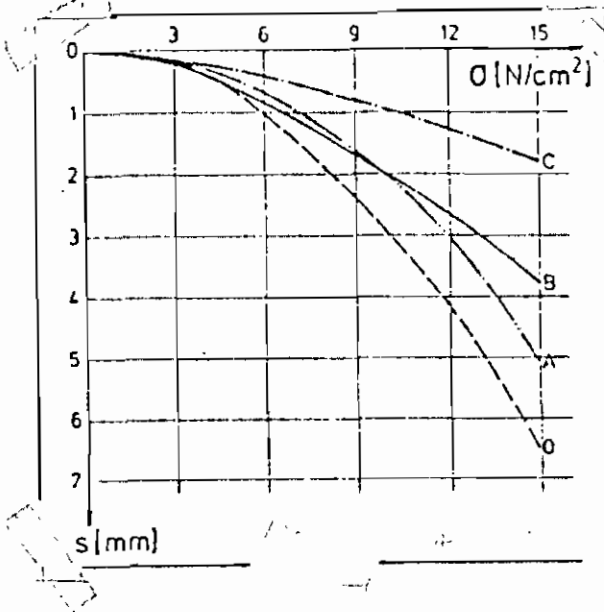
Les phénomènes de chargement et de déchargement donnent les modules de déformations E_{v1} et E_{v2} . Pour tous les essais, une charge maximale de 15 ton/cm^2 est utilisée pour favoriser la comparaison.

La figure de la page suivante donne le module de déformation E_{v2} en fonction de l'épaisseur de gravier utilisée.



Il apparaît clairement sur cette figure que la portance augmente en fonction de l'épaisseur de remblai. Seule la section 4 n'a présenté de résultats pertinents. On note un facteur de performance (rapport des portances de sol avec ou sans textile) de 1.6 pour l'aire (1+2) et 1.2 pour l'aire 4. On peut conclure que pour l'aire (1+2), la couche de géotextile a un effet filio bénéfique que pour l'aire 4.

Ainsi, cet essai nous permet de saisir les phénomènes de déflexions.



Ces figures montrent les principales déflexions de l'axe (1+2). L'effet de l'épaisseur du remblai et du géotextile semble être évident. La différence entre les séries A et O permet de conclure que le comportement à la déflexion d'une couche de fondation de 15 cm de remblai renforcé par du géotextile est meilleur que celui d'une couche de 30 cm non renforcé.

σ (N/cm ²)	sections	P (cm)				ρ_0 / ρ_B B = sans B
		C	B	A	O	
9	(1+2)	0,082	0,170	0,167	0,242	1,45
	3	0,088	0,158	0,378	0,173	1,09
	4	0,098	0,097	0,088	0,144	1,48
15	1+2	0,178	0,379	0,507	0,657	1,73
	3	0,189	0,439	—	0,416	0,95
	4	0,186	0,227	0,163	0,321	1,41

Le tableau ci-dessus donne pour les contraintes 9 et 15 tN/cm², les tassements correspondants. Qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de géotextiles, ces valeurs apparaissent comme étant fonction de l'épaisseur du remblai. Pour une épaisseur de remblai de 45 cm (série), les déflexions individuelles des axes sont semblables. Les séries A, B, O montrent les mêmes tendances car leurs tassements décroissent des axes (1+2) à 4.

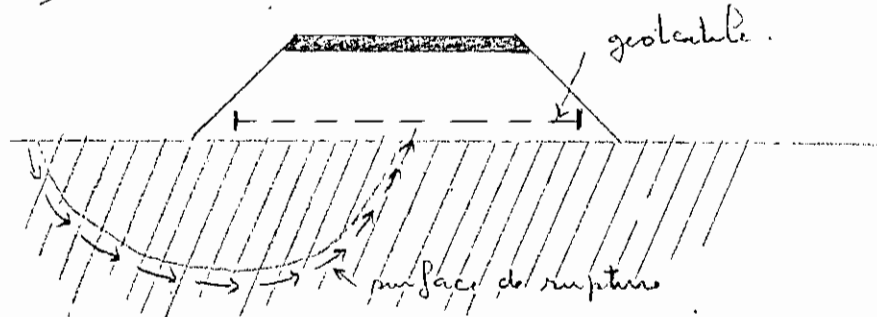
Le rapport ρ_0 / ρ_B montre clairement l'effet du géotextile sur le tassement.

En outre, beaucoup d'expériences ont été faites dans ce sens dans bien des places. L'utilisation du géotextile en remblais se justifie de plus en plus en terrains vaseux où les risques de ruptures sont très grands. Le problème majeur réside dans la détermination de la 1^{re} couche de remblai. Elle doit se faire en connaissance de la résistance au cisail-

2) LES GEOTEXTILES RENFORCENT LES SOLS

Le renforcement a pour but de diminuer le couple de force pouvant causer la rupture des sols. Dans ce sens, du géotextile a été utilisé pour renforcer les remblais routiers et les murs de soutènement.

2.1) GEOTEXTILE COMME RENFORT DES REMBLAIS ROUTIERS



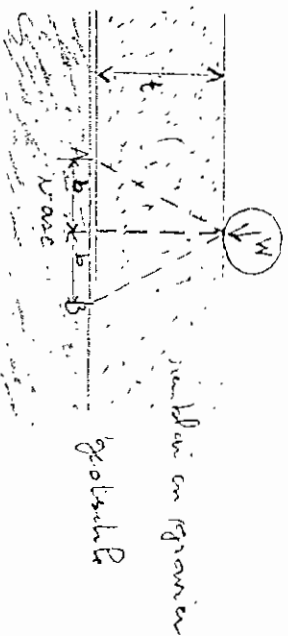
On détermine d'abord la stabilité de la digue sans renforcement pour différentes surfaces de ruptures donc pour différents centres de rotation. Le facteur de sécurité est le rapport entre la résistance au cisaillement le long du plan de glissement sur la différence entre les moments voulant provoquer le glissement et ceux voulant le résister. Soit :

$$F = \frac{\tau \times d_c}{w_1 L_1 - w_2 L_2} \quad . \quad \text{On doit chercher } \alpha \text{ de déterminer la surface de}$$

rupture correspondant au facteur de sécurité minimum. Mais pour des raisons pratiques, on vise un facteur de sécurité de 1.3 à 1.5. La pression latérale dans un plan vertical à travers la digue correspond à la pression active de Rankine et la rupture apparaît le long du plan incliné d'un angle de $(45 + \frac{1}{2} \phi)$ avec l'horizontal.

Le géotextile augmente le moment résistant et abaisse le centre de rotation de la surface critique de rupture. Le moment résistant maximum ne doit pas dépasser la contrainte limite du géotextile. La qualité du géotextile ou le nombre de couches nécessaires pour atteindre le facteur de sécurité vise à peu près de la force qu'il peut supporter par unité de largeur. Il dépend aussi de beaucoup d'autres facteurs tels que le type de

ment des poutres en question. La détermination de cette circonférence de roulement peut se faire suivant la formulation de Fallavier



$$W = 11.3 b \times C = 11.3 \times 4 T \times C = 4.5 T C$$

W = poids du composant

C = coefficient de cisaillement

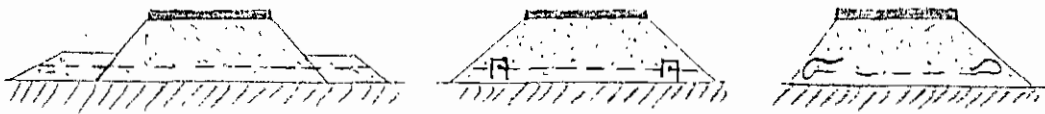
La détermination de cette circonférence de roulement peut aussi se faire avec des diagrammes qui figurent en annexe.

En gros, le tableau que j'indiquais précédemment le rôle de répartition de charge dans les rails. Il permet aujourd'hui de mettre une grande charge sur le rail et d'attendre tout de même la charge totale de la voie. L'édifice : cette même condition permet d'obtenir un changement de rail que l'on se soucie de savoir de savoir si les rails sont faciles et se font sur les paramètres de la section et de l'angle de frottement interne.

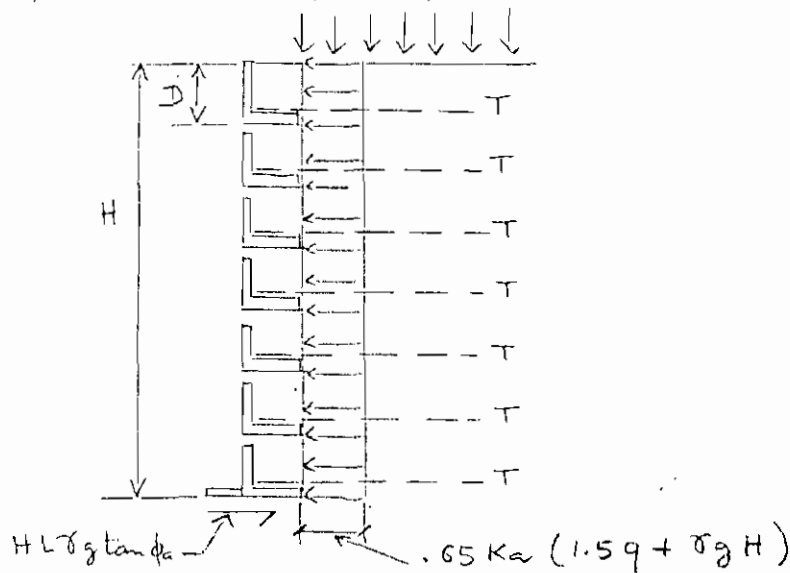
En gros, la réalisation de ce corps d'épave dans ce cas nous permet aujourd'hui de faire quelques conclusions pertinentes :

- Le tableau que met d'aujourd'hui la portance et de réduire le moment de portance peut être augmenté jusqu'à 90%, les essais ont été.
- Mais tomberont peut-être d'après un 32 jours, le tassement qui n'aurait qu'un ou deux. Si on, on peut que le tableau a joué le rôle d'acier et au du tassement ne qu'on.
- L'implémentation de la partie en tassement tomberont on de rail n'importe d'être remarqué.

chargement, les tassements et déformations permis, les contraintes et déformations que peut subir le textile. On doit éviter d'utiliser les matériaux qui ont une bonne résistance au flUAGE car ceux-ci favorisent les fissures. Aussi, dans certains cas, la contrainte de cisaillement du terrain à renforcer peut être dépassée avant que le géotextile n'entre en fonction. L'encastrement du géotextile est important car il permet d'utiliser ses propriétés à fond. Aujourd'hui, trois types d'encastements sont utilisés :



2.2) GEOTEXTILE COMME RENFORT DE MURS DE SOUTÈNEMENT



L'utilisation des géotextiles permet de réduire la pression latérale exercée sur le mur de soutènement.

Soit σ_v = pression verticale exercée sur le textile, alors

$\sigma_v \tan \phi_a$ = résistance à la friction sol - textile.

Si on se situe à une distance dx du mur, on a une friction $2\sigma_v dx \tan \phi_a$

$$\Rightarrow d\sigma_v \Delta K_b = 2\sigma_v dx \tan \phi_a$$

$$\frac{d\sigma_v}{\sigma_v} = \frac{2 ds \tan \phi_a}{DK_b} \Rightarrow \frac{\sigma_v}{\sigma_{v0}} = e^{\frac{2s \tan \phi_a}{DK_b}}$$

σ_{v0} = pression juste sur le mur

cette équation nous montre que la capacité portante augmente plus on s'éloigne du mur.

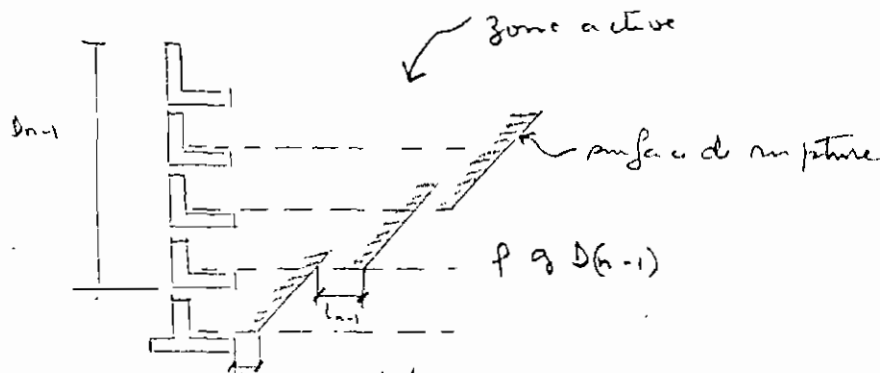
Par exemple à D du mur, $\sigma_v = 10 \sigma_{v0}$

en faisant l'équilibre des forces s'exerçant sur le mur, on a :

$$[.65 K_a (1.5q + \sigma_g H) - L \sigma_g \tan \phi_a] D = T$$

$$\Rightarrow D = \frac{T}{.65 K_a (1.5q + \sigma_g H) - L \sigma_g \tan \phi_a}$$

La longueur du textile doit être suffisamment longue de sorte que la tension qui y est exercée puisse être absorbée par le sol environnant. La force sur le géotextile est maximale au point où il intercepte la surface de rupture qui est inclinée de $45 + \phi$ par rapport à l'horizontal.



Soit un facteur de sécurité de 1.3 \Rightarrow

$$ln-1 \sigma_g Dn-1 \tan \phi_a = 1.3 T$$

$$\Rightarrow ln-1 = \frac{1.3 T}{\sigma_g Dn-1 \tan \phi_a}$$

La force totale dans le géotextile doit satisfaire la relation suivante

$$nT > .65 K_a H (1.5q + \sigma_g H) - B \sigma_g \tan \phi_a$$

B = largeur du mur.

Ainsi la détermination de D et L permet d'avoir une idée très précise de l'économie. L'altitude de l'atmosphère dans ce domaine permet de faire des économies importantes.

Ces résultats laissent prévoir un bon géochamp d'action des géotextiles et notamment si la fine que des recherches doivent porter sur sa fine.

3). LES GEOTEXTILES DANS LES FILTRES

De nos jours, la nécessité d'avoir un système de drainage adéquat n'est plus à discuter. Pour empêcher les ruptures éventuelles de structure, il est important de contrôler les parcelles d'écoulement et de remonter de la manière physique. L'implantation des eaux peut augmenter l'humidité du sol, comme elle peut augmenter les problèmes hydrostatiques causant ainsi des zones instables. Un bon système de drainage favorise la consolidation et améliore les performances. Les critères généraux de drainage sont ainsi définis :

— On doit éviter le déplacement de particules fines en passant par la distribution de la grande taille. Les dimensions des pores du géotextile doivent être assez petites pour permettre retenir les fines car elles sont sources d'instabilité.

— Tongberg a été le premier à avoir défini les critères de filtres :

D85 : diamètre des 85% de sol

D15F : diamètre des 15% des particules du filtre

+ D15F < 5 D85S : il ne peut y avoir de phénomènes de Versand
+ D15F > 5 D15S : le filtre a une perméabilité inadéquate.

D'autre part, Atterberg a suggéré que la dimension maximale des particules dans le sol doit être de .90 D10

ou, on a D15F ≤ 5 D85S ⇒ .2 D15 ≤ D85S

D10 < D15 ⇒ .2 D10F ≤ D85S

Les critères d'Atterberg sont plus sévères que ceux de Tongberg

Non, mais moins Tongberg et Atterberg d'abord :

$$d_{mpF} \leq D_{15S}$$

d_{mpF} = dimension moyenne des particules du filtre.

Tout de même, pour obtenir un drainage parfait, Terzaghi a suggéré que $D_{15F} > 5D_{15S} \Rightarrow K_F > 5K_S$

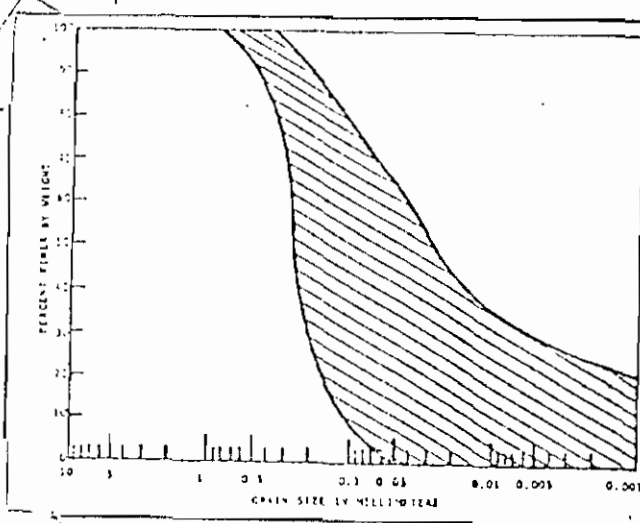
5 = facteur de sécurité raisonnable.

L'expérience a montré que $K_F = 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ est assez satisfaisant.

Le phénomène de colmatage accroît l'efficacité du filtre et réduit inversement ses critères de drainage.

L'avantage des géotextiles en matière de filtre et drainage a été étudié par Baner. Plusieurs autres essais ont été faits par les Universités de Strathclide, de Tennessee et aussi par le Delft Hydraulics Laboratory. Ces recherches permettent de tirer quelques conclusions pertinentes :

- Les textiles en empêchant la migration de particules fines dans la zone de filtration
- Le colmatage accroît son efficacité
- Ils ont des propriétés physiques suffisantes pour rester intacts pendant l'installation.
- Pour la gamme de sol dont la granulométrie est située sur la zone hachurée (figure ci-dessous), les textiles testés ont répondu aux critères qu'on s'est proposés.



4) LES GEOTEXTILES DANS LES DRAINS

La conception de dispositifs de drainage capables de protéger les ouvrages de Génie Civil des effets nuisibles de l'eau est une tâche délicate et plus des ingénieurs. Bien qu'il existe des systèmes de drainage qui permettent satisfaction et qui permettent la réalisation de nombreux projets, une absence de contact de la pratique, des faces d'écartement des premiers hydrostatiques et de l'érosion même peut compromettre la pérennité et l'économisme de plusieurs ouvrages.

Le drainage efficace des structures hydrostatiques ou de tout autre cas, fonction ne peut être menée dans la plupart des cas que par l'indication d'une ou plusieurs couches, ou zones d'une certaine épaisseur très perméable et si forte porosité. Lorsque des sols si granuleux, très étalés sont utilisés pour le drainage, ils doivent être protégés de façon permanente par des géotextiles appropriés pour empêcher leur colmatage et l'érosion interne des sols voisins.

Obtenir de bons filtres avec des granulats naturels peut être difficile dans de nombreux cas et cette difficulté va croissant dans de nombreuses régions où des sources ou granulats de bonne qualité ne font pas.

Aujourd'hui les géotextiles filtrants modernes offrent un moyen efficace de combiner un produit industriel et un milieu granulaire et ainsi de réaliser des dispositifs de drainage véritablement efficaces et souvent au moindre coût. Le problème de colmatage demeure un grand handicap. Il est plus aisé pour les filtres épais que pour les filtres minces.

Ognik⁹ a proposé qu'en cas d'écartement statique que :

$$D_{90}/d_{90} \leq 1.8$$

O₉₀ = dimension moyen de 90% des particules du filtre

D_{90} = diamètre des 90% des particules du sol

Ainsi, pour que le sulfate de fixation de Tangephi et Kf > 5K5
soit critique de drainage pourait être défini en augmentant le facteur
de perméabilité de 10, 15 ou 20 suivant l'efficacité recherchée.

A ce niveau, les détails techniques sur les drains seront donnés en
annexe pour l'intermédiaire de certaines formules et de certains
diagrammes.

Le phénomène de drainage et ainsi très important parce qu'il est lié
à la consolidation des sols.

La consolidation primaire est une couche d'argile saturée et limitée par
deux horizons drainants et due au départ de l'eau interstitielle mais pour
premier par des forces s'exerçant sur la couche. L'eau est aspirée che-
miner uniquement dans la direction verticale, la diminution de la
pression interstitielle est négligée pour l'équation différentielle suivante:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k E'}{\gamma_w} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \text{avec } u = \text{pression interstitielle}$$

k = coefficient de perméabilité du sol

E' = module œlastique du sol

γ_w = poids volumétrique de l'eau

$\frac{\partial u}{\partial w} = c_v$ = coefficient de consolidation

La résolution de cette équation donne

$$u(z, t) = \frac{4Sc}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} e^{-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 c_v t}{4R^2}} \sin\left(\frac{(2n+1)\pi z}{2R}\right)$$

Le débit traversant une surface unité est :

$$q(z, t) = -k \frac{\partial u}{\partial z}$$

$$\text{soit } q(z, t) = \frac{2kSc}{\gamma_w H} \sum_{m=0}^{\infty} e^{-\frac{(2m+1)^2 \pi^2 c_v t}{4}} \cos\left(\frac{(2m+1)\pi z}{2R}\right)$$

Le drain de non-tissé se situant dès le début de la consolidation, la pression qui va s'y exercer est celle qui est appliquée par les couches de sol le surmontant. Cette consolidation doit s'étudier de manière bidimensionnelle. On fait l'hypothèse que le remblai est de longueur très grande par rapport à sa hauteur et sa largeur de sorte que la 3^e dimension n'intervienne pas.

L'équation de consolidation à 3 dimensions est :

$$\text{te } \Delta u = m_v \sigma_w \frac{\partial u}{\partial t}$$

m_v = coefficient de compressibilité volumétrique du sol, inverse du module oedométrique E' .

Dans un espace à n dimensions, cette équation s'écrit :

$$\text{te } k_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = m_v \sigma_w \frac{\partial u}{\partial t}$$

La recherche de cette solution est extrêmement difficile et nécessite un programme d'ordinateur très complexe.

L'utilisation des géotextiles dans les systèmes de drainage est un événement très important. On passe en effet d'un drain de sable de 20 cm d'épaisseur à un géotextile de 2 mm d'épaisseur. De plus, cela s'accompagne d'une plus grande facilité de mise en œuvre.

CHAPITRE V

DOMAINES D'UTILISATION

des

GEOTEXTILES

V) DOMAINES D'UTILISATION DES GEOTEXTILES

Comme l'a démontré Daniel Piette dans son article: "les non-tissés, produits de qualité ou produits à jeter après usage", les geotextiles ont connu un développement incessant grâce aux multiples applications dont ils font l'objet. La connaissance approfondie de leurs propriétés et de leurs fonctions est à jouer un rôle de tout premier plan. D'ailleurs, aujourd'hui, plusieurs manuels de publicité apportent leurs contributions dans ce domaine.

Parmi les domaines très variés où les geotextiles sont utilisés, on peut citer:

- les routes
- l'érosion des côtes
- la protection des digues et les barrages
- les chemins de fer etc...

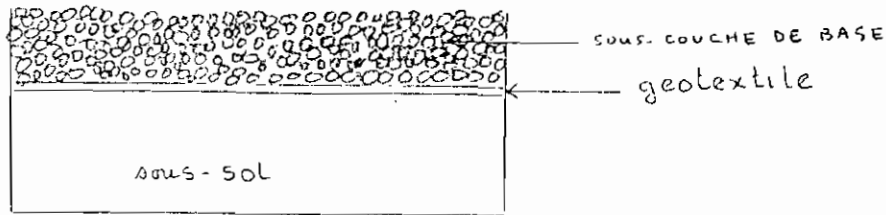
1) LES ROUTES

De nos jours, l'inflation toujours galopante pousse les masses aveuglées à réfléchir sur des systèmes de protection de certaines infrastructures coûteuses. Trois principales fonctions des geotextiles sont requises dans le cas routier:

- réparation et répartition de charges.
- filtration et drainage.
- renforcement.

Le geotextile répare la couche de base du terrain naturel et en même temps et en même temps joue le rôle de répartition de charge. Il filtre l'eau interstitielle provenant du sol cohérent et lui permet d'être drainée de façon à maintenir propres les agrégats. Il peut aussi être utilisé pour renforcer la route et minimiser ainsi les fissures.

1.1) RÔLE DE SEPARATEUR DE LA SOUS-COUCHE DE BASE ET DU SOUS-SOL



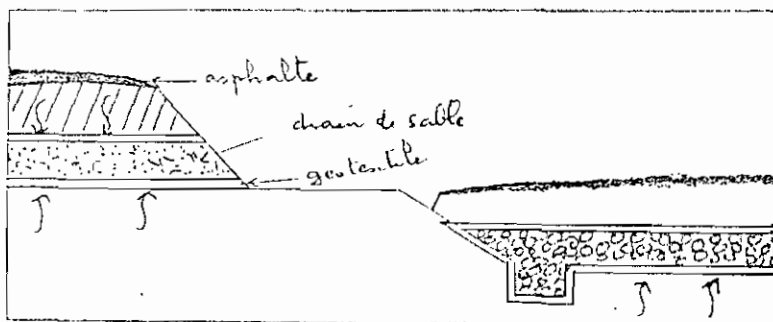
- Le geotextile empêche la sous-couche de base de se confondre au sous-sol car cela affecterait les propriétés donc les fonctions de ces couches.
- Le phénomène de percolation de l'eau emporte les particules fines vers le sous-sol. Cela peut causer un changement de la granulométrie donc des propriétés qu'on s'attendait avoir à la sous-couche de base.

1.2) RÔLE DE FILTRE

- Dans ce cas, le geotextile va jouer le rôle de filtre vis à vis des particules fines. Le transport de particules fines a deux causes principales:
- la remontée de la nappe phréatique.
 - la dissipation des pressions hydrostatiques sous l'effet de chargement.

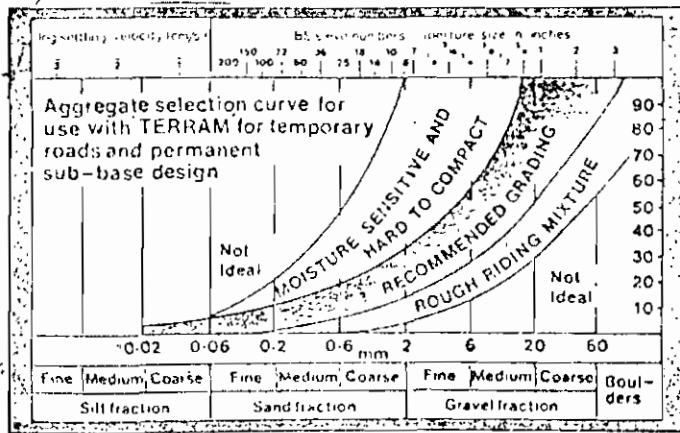
1.3) RÔLE DE DRAIN

Le geotextile peut être utilisé dans les routes pour protéger les drains de sable.

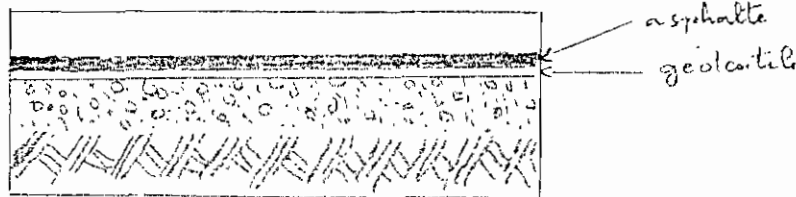


Le drain ainsi créé joue le rôle de confinement préférentiel... c'est le lieu de dissipation des pressions hydrostatiques de la couche de base et de

terrain naturel. Les particules fines auront un effet de colmatage sur le géotextile. Dans des conditions plus rigoureuses de drainage, on peut favoriser un système de drainage latéral avec un pavé tuyau perforé. Ces trois techniques tendent à maintenir intacts les propriétés de la couche de base. La granulométrie de la couche de base doit appartenir à la zone hachurée de la figure ci-dessous.



1.4) ROLE DE RENFORCEMENT DE L'ASPHALTE



Dans ce cas, le géotextile joue le rôle de répartisseur de charge et suscite une uniformisation de la surface de l'asphalte. Il joue alors un grand rôle dans le maintien de la structure.

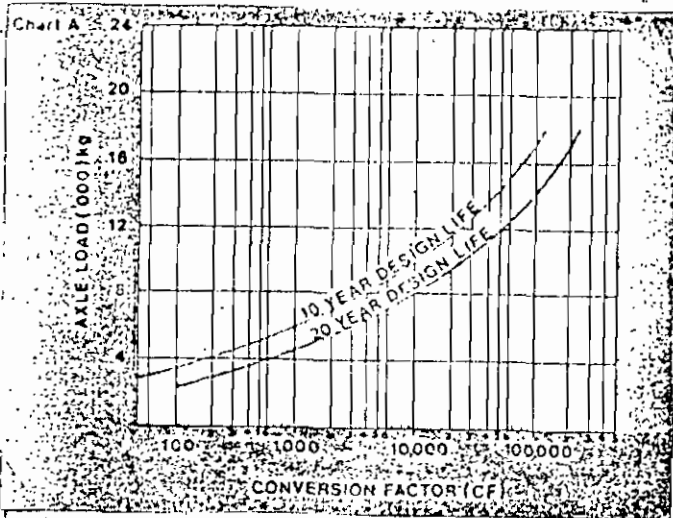
La durée de vie d'une route dépend ainsi beaucoup des conditions climatiques aux quelles elle est confrontée. C'est pourquoi, il existe aujour d'hui différentes recommandations dépendamment du climat où on se trouve. Dans tous les cas, il est opportun de tenir compte des différents paramètres tels que : l'épaisseur des couches de base, les types de chargement, la durée de vie et les C.B.R.

a) CLIMAT TEMPERE

L'intégration des géotextiles dans les routes en zone tempérée a donné des résultats satisfaisants. Elle a été favorisée par la tabulation des différents paramètres pertinents. Dans bien des cas, le géotextile est disposé sous la sous-couche de base.

La détermination de l'épaisseur de la couche de base se fait en plusieurs étapes.

1) Détermination du facteur de conversion du chargement (CF)



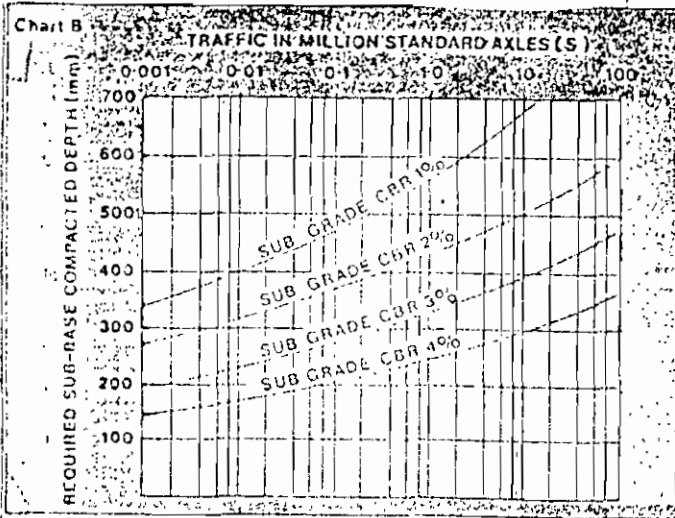
2) Détermination du nombre de véhicules passant journalièrement sur la route (P)

3) Détermination du chargement standard $S = CF \times P$

4) Détermination du C.B.R. de la couche de base suivant la figure ci-dessous

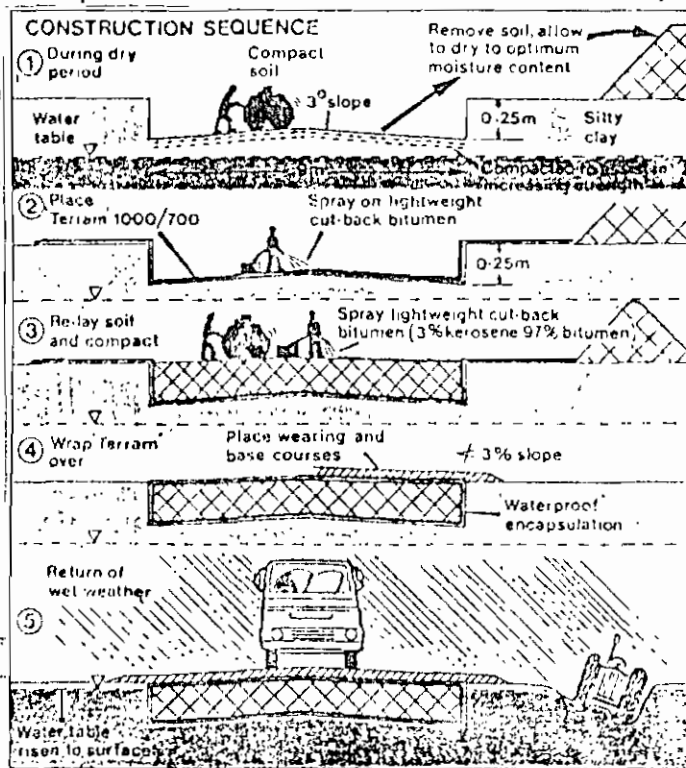
Approximate CBR values for some typical soils compacted at the natural moisture content			
Soil type	Plasticity index %	CBR %	
		Depth of water-table below formation level	
		> 600mm	< 600mm
Heavy clay	70	2	1
	60	2	1.5
	50	2.5	2
	40	3	2
Silty clay	30	5	3
	20	6	4
Sandy clay	10	7	5
	-	2	1
Silt	-	2	1
Sand (poorly graded)	non-plastic	20	10
Sand (well graded)	non-plastic	40	15
Well-graded sandy gravel	non-plastic	60	20

5) Détermination de la couche de base suivant le diagramme ci-dessous.



b) CLIMAT SUB-TROPICAL

Il est facile de concevoir des structures pour des conditions tout le temps arides ou tout le temps humides, mais il est difficile de le faire pour des conditions fluctuantes. En zone sub-tropicale, il est recommandé de construire une structure imperméable tout le long de la route ce qui lui permettrait de conserver par temps en eau même si la nappe phréatique monte en surface. Les phases de la construction sont données à la figure ci-dessous :



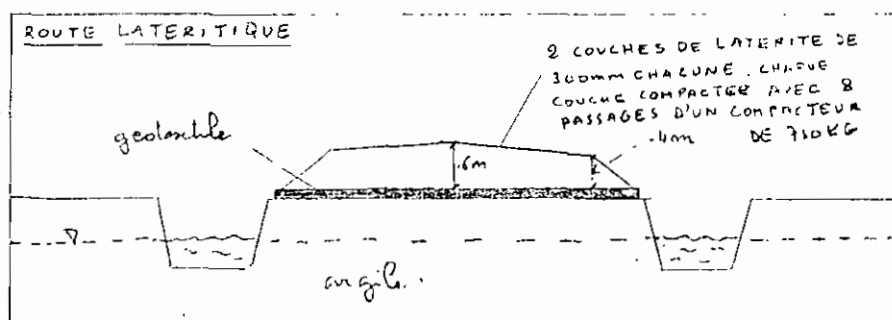
Ce type de structure empêche les glissements latéraux sur le sol mou.



Ainsi, à cause de rôle de répartition des charges des géotextiles, le débâtlancement de la structure est empêché.

e) CLIMAT TROPICAL

La conception d'une route tient compte des matériaux disponibles et c'est pourquoi en Pays tropicaux, la couche de base est généralement constituée de latérite. Vu que l'ossature de la route repose sur de l'argile ou de la tourbe, le géotextile est utilisé comme séparateur de la couche de base et du sous-sol. La structure ci-dessous a été analysée en tenant compte de beaucoup de paramètres essentiels et donne entière satisfaction.



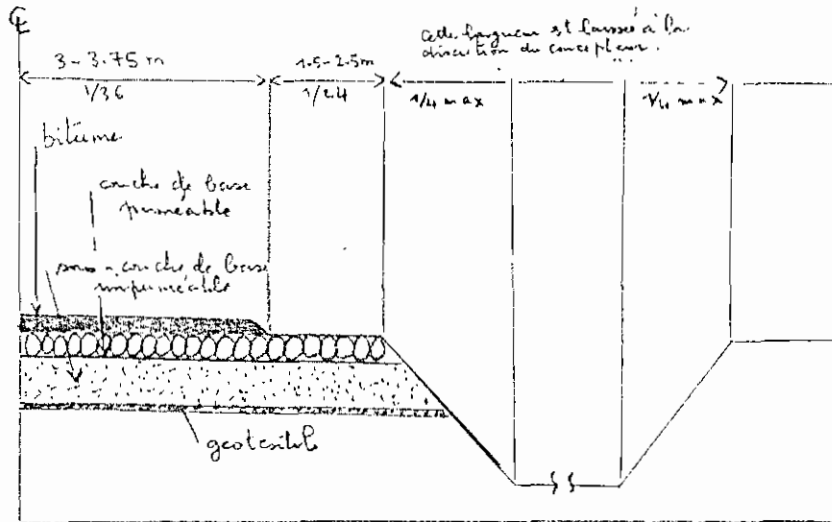
Des études ont été faites par le laboratoire de recherche en transport et en route et il est ressorti un estimé du C.B.R. du terrain naturel en fonction de la hauteur de la nappe phréatique.

Depth of water table from formation level	MINIMUM C.B.R. % OF SUB-GRADE					
	NON PLASTIC SAND	SANDY CLAY P.I.:10	SANDY CLAY P.I.:20	SILTY CLAY P.I.:30	HEAVY CLAY P.I.:40	PURE SILT
0-8 m	8	5	4	3	2	1
1-0-2-0 m	25	6-8	5-7	4-5	3	2
2-5 m	25	8	8	6	4	Testing needed
3-0-7-0 m	25	25	8	7-8	4-7	Testing needed

P.I. = Plasticity Index See P.2

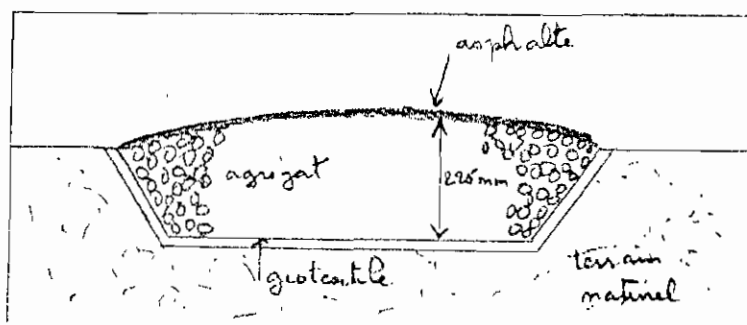
La connaissance du CBR est essentielle car elle permet de déterminer l'épaisseur de la couche de base.

Tout de même, en Pays tropicaux, à cause de la fréquence des multiples axes, des précautions spéciales doivent être prises conformément à la structure ci-dessous.

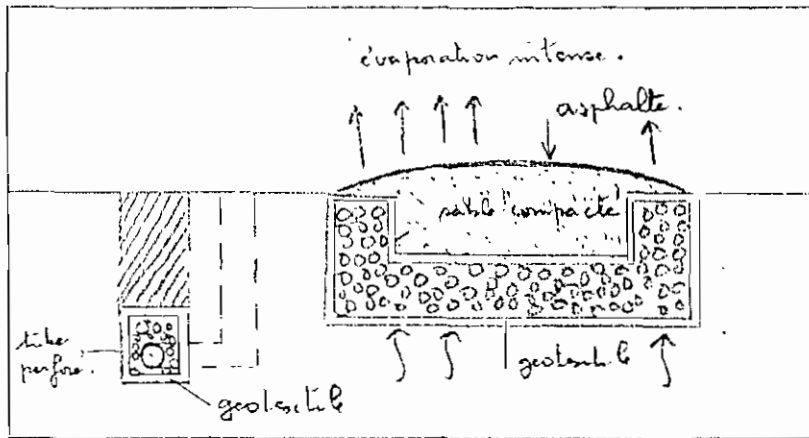


d) CLIMAT ARIDE

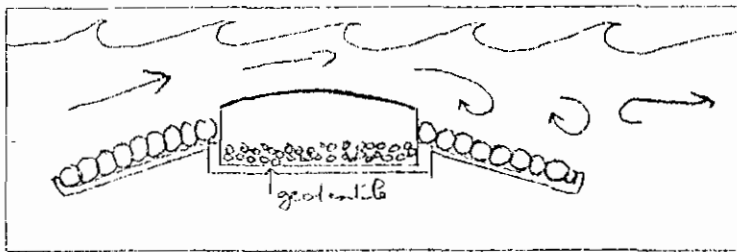
Les problèmes de routes en Pays arides sont généralement les mêmes. Les routes reposent sur des bancs de sable à granulométrie uniforme. Le problème majeur consistant de l'érosion des pistes et des vents de sable. Dans ces conditions, le géotextile grâce à ses différentes fonctions peut jouer un rôle fondamental. Le sable constituant le terrain naturel a un coefficient d'uniformité très bas et les grains se lient difficilement. Dans ces conditions, la structure ci-dessous peut donner satisfaction.



Un système de drainage efficace doit être conçu en cas de remontée de la nappe phréatique salée. Ce système prévient l'instabilité de cristaux de sel à travers la couche de base. La structure ci-dessous peut donner satisfaction.



Ainsi pour protéger les routes contre les éclaboussures violentes d'eau de pluie et le balayage réciproque des bancs de sable, la structure suivante semble être adéquate.

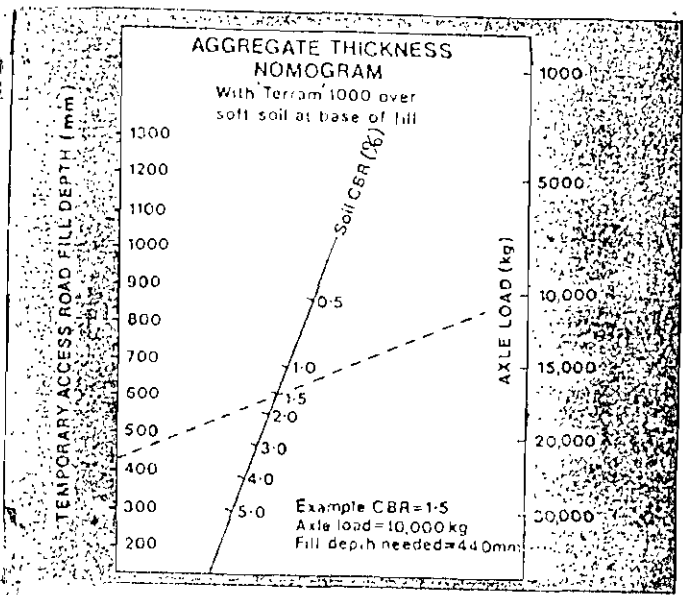


En aval, on peut augmenter la dimension des blocs pour tenir compte de l'effet de "sucção". Le calcul de la dimension des blocs, se fera ultérieurement dans la protection des digues et des rivages.

Dans tous les cas, la construction d'une route nécessite certaines étapes dont:

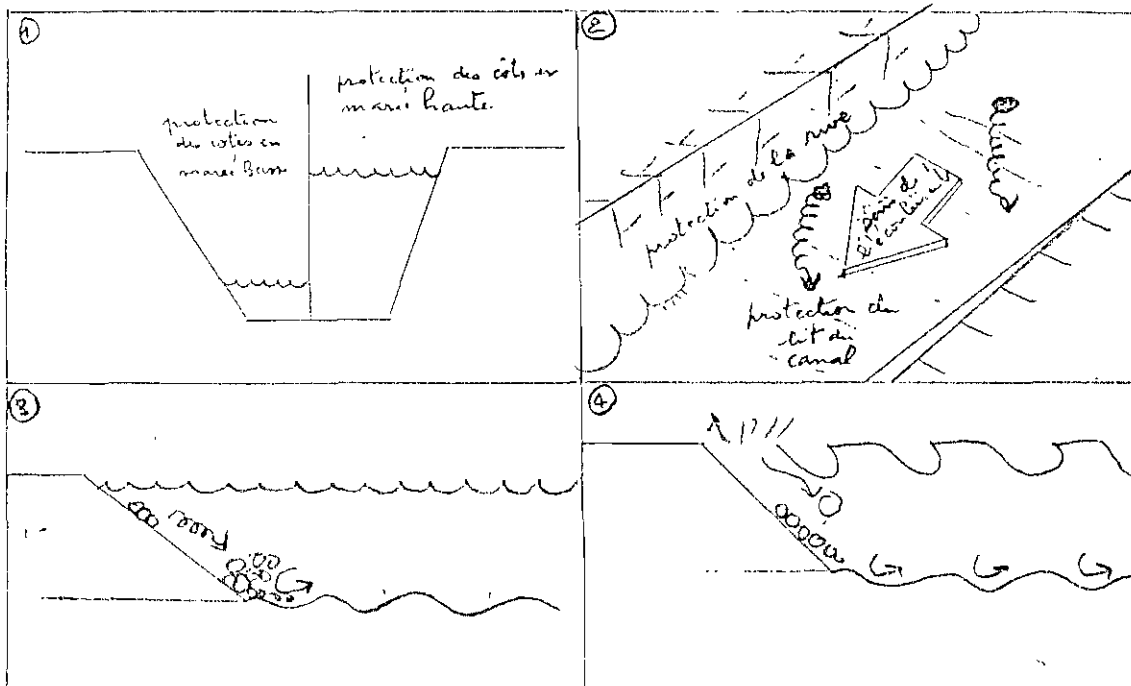
- le choix d'un bon agrégat (voir nomenclature ci-dessous)
- la spécification du géotextile à utiliser: il s'avère que le terrain 1000 ou les géotextiles ayant les mêmes caractéristiques donnent satisfaction
- la détermination du CBR du terrain naturel

la détermination de l'épaisseur de la couche de base.



2) LA PROTECTION DES COTES

La protection des côtes doit se faire en ayant en tête certains objectifs dont voici certaines illustrations



La conception des rives, des canaux et des travaux maritimes n'est pas des
domaines conventionnels touchant à trois principes fondamentaux dont voici quelques
aspects :

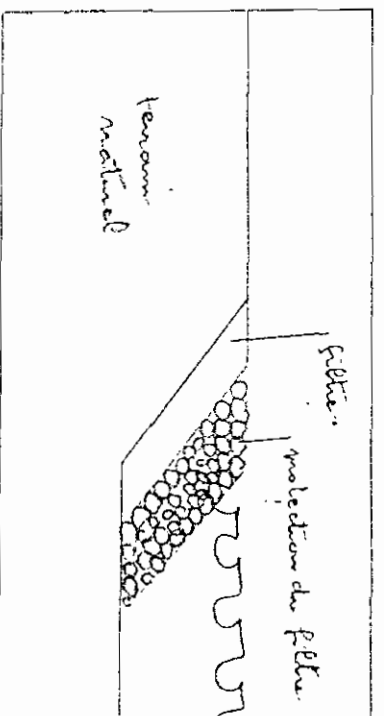
- elle intègre un plus grande savoir de dimensions de ouvrages.
- Elle nécessite la maîtrise de certains effets dynamiques provenant des
vagues, du battage des rives et des fluctuations de marées.

Pour un système de défenses ont été déterminés en tenant compte de ces
différents phénomènes :

a) Système des côtes.

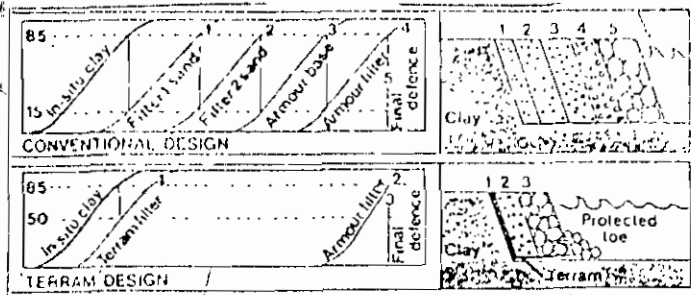
Trois éléments essentiels vont à considérer :

- La protection du terrain naturel
- La conception d'un système de filtres
- La protection du filtre.



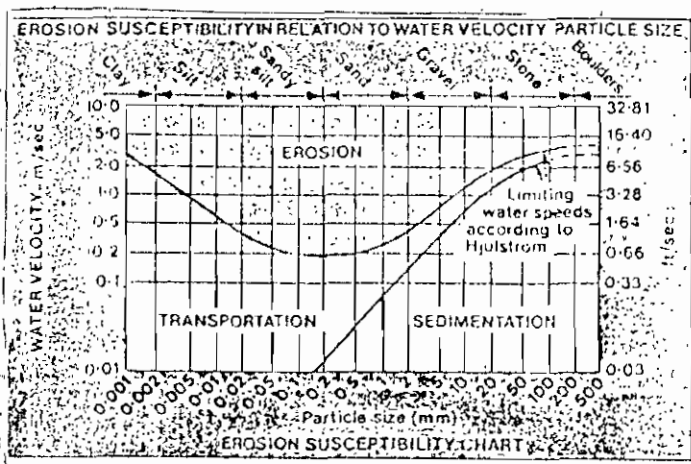
Quand les forces dynamiques exercées par les vagues sont grandes, les
dimensions des particules constituant l'enrochement doivent être aussi
très grandes.

Le sol naturel étant friable, les dimensions des blocs constituant l'enroche-
ment doivent être grandes, une conception correcte doit comporter plus
ieurs couches de filtres. La réalisation de filtres en enrochement estant
couteuse, l'utilisation des geotextiles dans ce domaine semble être la
solution. La figure ci-après est éloguante.

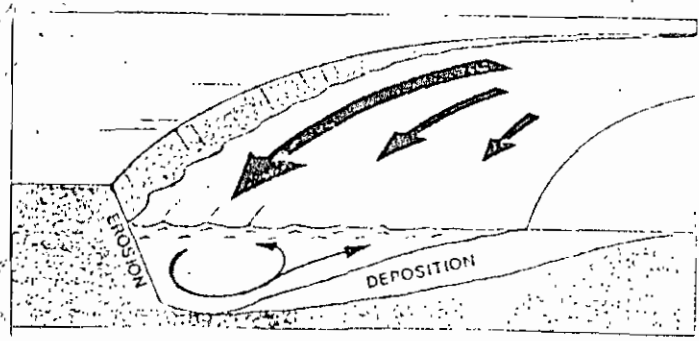


b) Erosion des côtes

Les cours d'eau sont générateurs de forces dynamiques procurant des fonctions d'érosion, de transport et de dépôt de sédiments.

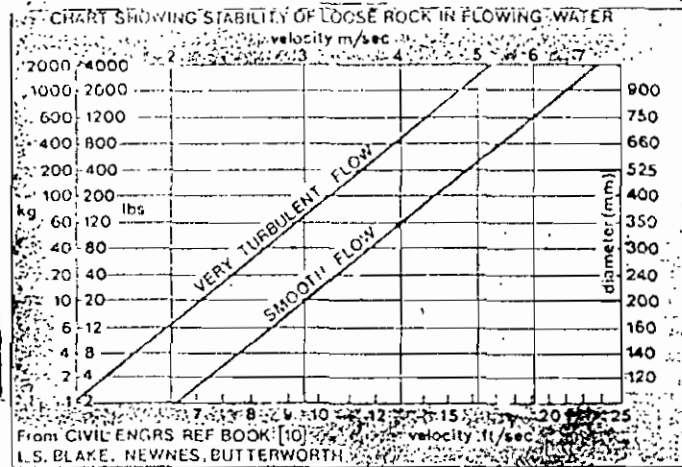


On remarque dans ce graphique qu'une vitesse d'écoulement de 0,2 m/s est capable d'arracher des particules de 0,2 mm de diamètre. Aussi, rarement sont les rivières qui coulent en ligne droite. Les zones de courbure sont la plupart du temps sujettes à des érosions.



Au niveau de la courbure, l'eau a tendance à se déplacer en forme de spirales et par le phénomène de forces centrifuges, des particules s'effritent et se déposent sur l'autre rive.

Dépendamment de la vitesse et donc de la nature d'écoulement, on fait le choix des dimensions de blocs requises pour assurer la protection.



La conception de la protection des rives se fait comme suit :

- obtention de la courbe granulométrique du sol
- choix d'un géotextile satisfaisant les critères de Terzaghi
- choix des dimensions de blocs constituant l'enrochement extérieur.
- choix de la couche filtrante dont l'épaisseur est égale au diamètre du gros bloc constituant l'enrochement.

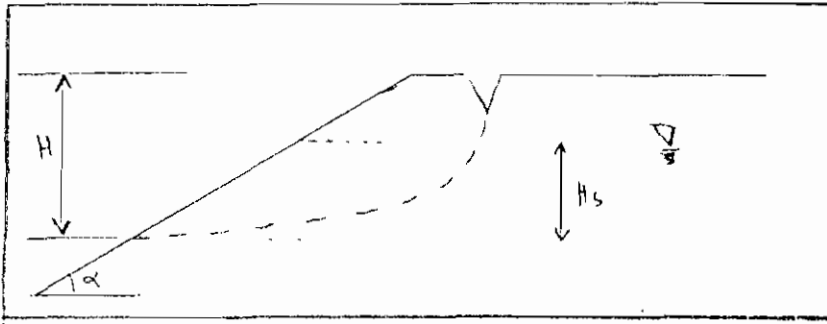
Un exemple de calcul sera donné en annexe.

c) Analyse des stabilités des pentes

La conception des côtes se fait à deux niveaux :

- détermination d'une pente stable
- détermination du diamètre de blocs non transportables par l'action des vagues.

Une méthode généralement utilisée pour la détermination des pentes est celle de Hoek.

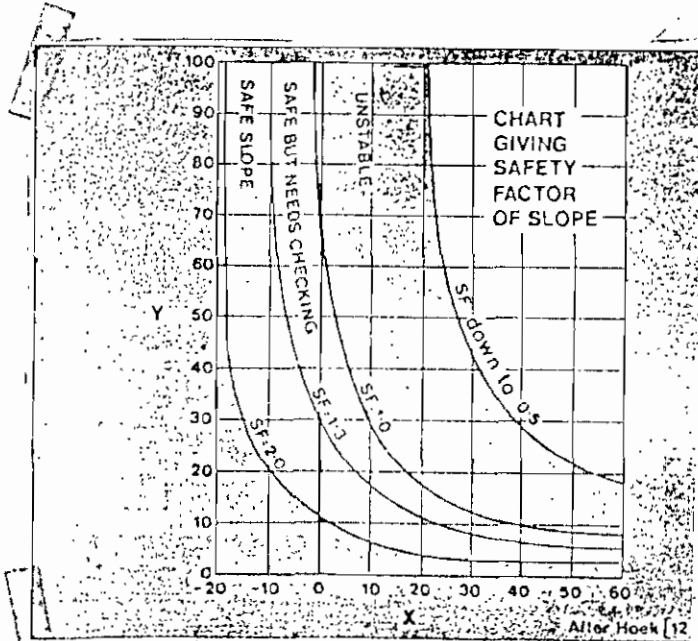


$$x = \alpha - \left(1.2 - \frac{H_s}{2H}\right) \phi$$

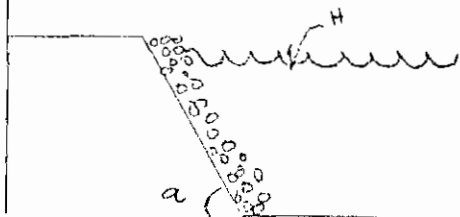
$$y = 1.1 \frac{\delta H}{c}$$

c = cohésion du sol
 δ = poids unitaire du sol
 ϕ = angle de frottement interne du sol.

Le tableau ci-dessous donne pour différentes valeurs de x et y le facteur de sécurité.



Le calcul des dimensions des particules constituant l'arrachement peut se faire suivant la hauteur des vagues



$$w(kg) = \frac{18 H^3 \delta}{(\cos \alpha - \sin \alpha)^3 (\delta - 1)^3}$$

(Carabbean formula: CF)

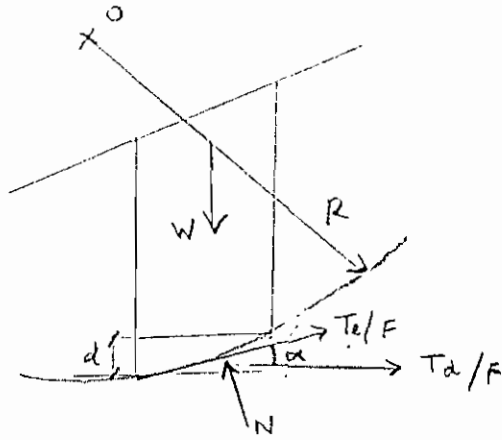
$$w(kg) = \frac{350 H^3 \delta}{\cos \alpha (\delta - 1)^3}$$

Hudson's Formula (HF)

3) PROTECTION DES DIGUES ET DES BARRAGES

La protection des digues a été longuement traitée par le chapitre précédent.

Dans les digues où il y a interposition de géotextile, le facteur de sécurité se calcule comme suit :



W = poids total de la tranche

N = force normale à la surface de rupture

T_l/F = force de cisaillement sur la surface de rupture de longueur l

T_d/F = force de renforcement à travers la base

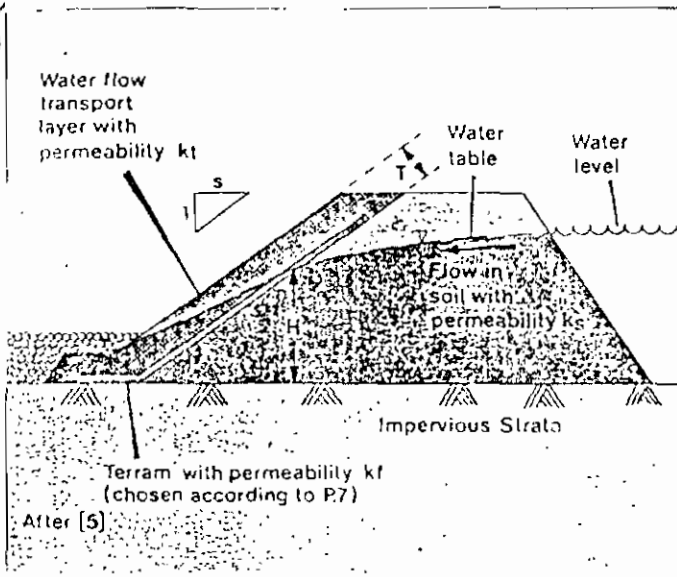
F = facteur de sécurité

$$F = \frac{\sum (cl + W \cos \alpha - ul + T_l \sin \alpha) \tan \phi + T_d \cos \alpha}{\sum W \sin \alpha}$$

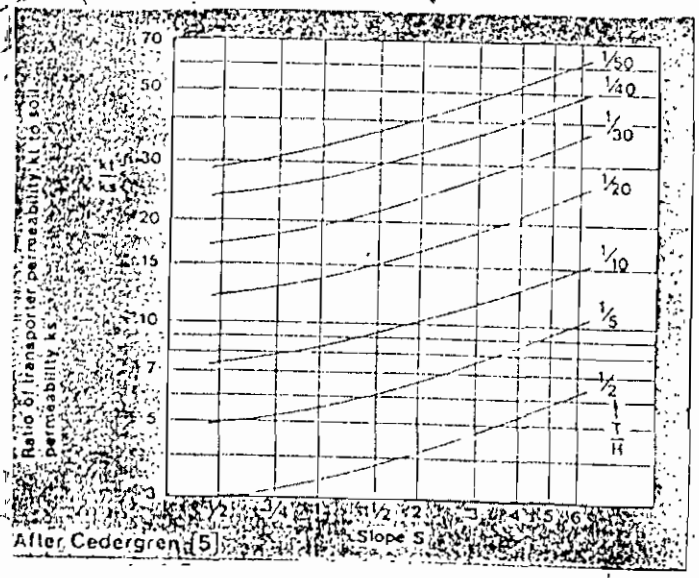
$$= \frac{\sum T_d/F + T_d \cos \alpha}{\sum W \sin \alpha}$$

Comme on s'en aperçoit à travers la formule, l'effet de renforcement augmente le facteur de sécurité,

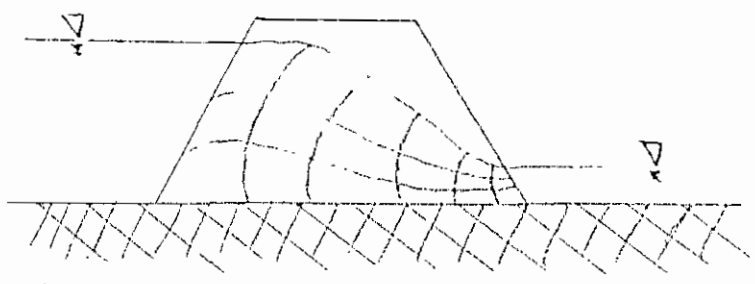
voici la digue ci-dessous.



Le tableau ci dessus donne les différents paramètres permettant la conception de cette digue.



En barrage, les lignes de courant constituent des zones de faiblesses. Le traçage des lignes de courant et des équipotentielles se fait en résolvant l'équation de la place par ordonnées ou par la méthode graphique. De nos jours, l'utilisation de la méthode graphique semble la plus appropriée.

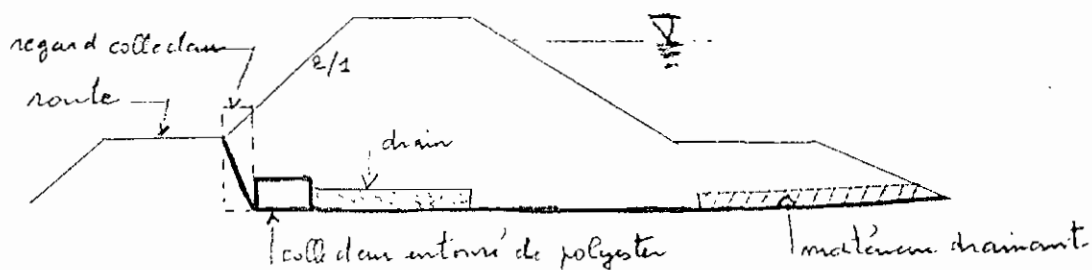


La forte concentration des lignes de courant et des équipotentielles indique qu'il y a une grande vitesse d'écoulement à l'aval. Cette grande vitesse effrite certaines particules et rend instable notre structure à l'aval. A ce niveau, la création d'un drain efficace, la conception de systèmes favorisant la consolidation et le renforcement sont louables.

Nous présentons de certaines structures qui ont été proposées et réa-

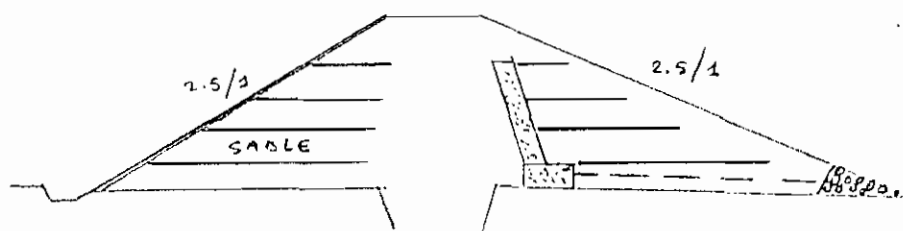
ecole polytechnique de thèses

Risées pour mieux systématiser notre appréhension du problème.



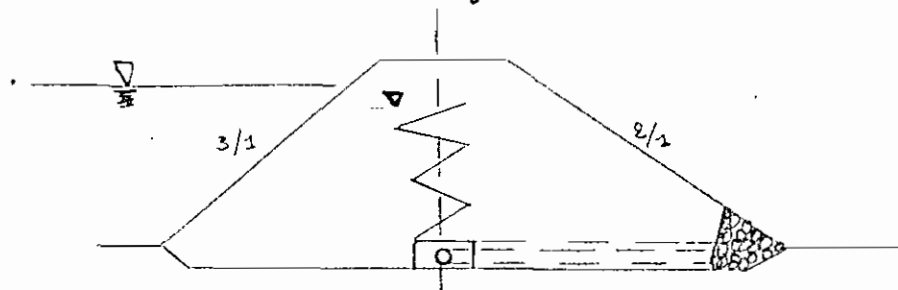
PROFIL TYPE POUR LE PROJET DE RETENUE DES MINES D'OR (HAUTE SAVOIE)

A l'aval, il y a un système de drain efficace pour assurer la sécurité de la route. Le géotextile en bas de la structure assure son renforcement et par consolidation.



Les nappes de géotextile ont été multipliées pour assurer la consolidation de notre structure. Le sable a une grande perméabilité.

Le drain vertical limite la longueur des écoulements dans un gain de la stabilité de notre ouvrage.



Le matériau de corps de digue est un limon argileux de très faible perméabilité (α inférieure à 10^{-8} m/s). Le régime d'écoulement permanent à travers l'ouvrage est très long à établir et les débits de fuite sont faibles (moins de 5 l/a/m). Par contre ce matériau est facilement anisotrope. Cette anisotropie est due

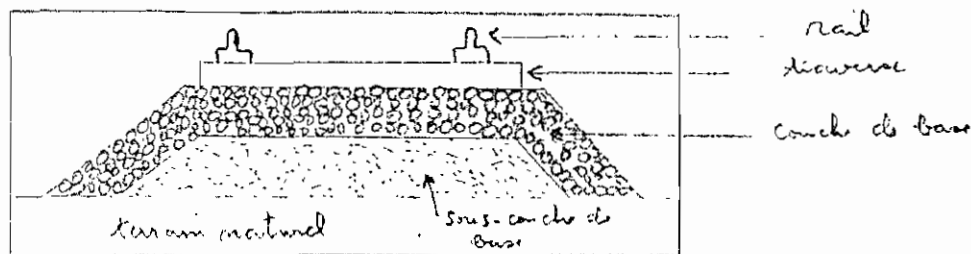
à une variation de densité à l'intérieur des couches et à un feuilletage possible lors d'un compactage avec rouleau à pneus.

Dans l'hypothèse de perméabilité horizontale $K_h = 10^{-8} \text{ m s}^{-1}$ et verticale $K_v = 10^{-9} \text{ m s}^{-1}$, il faut que le drainage intercepte les lignes d'écoulement qui ont tendance à être horizontales. La nappe verticale crée une surface hydraulique dans l'axe de l'ouvrage. Elle est reliée à un drain bande classique.

Finalement dans les barrages en terre, les tentes peuvent avoir toutes les fonctions qu'on leur demande habituellement : renforcement de la structure, filtre, drain. La conception des ouvrages a pu plus être établie à partir des résultats publiés par les laboratoires spécialisés ou à partir d'essais particuliers.

4) LES CHEMINS DE FER

Habituellement, la construction des chemins de fer se fait comme suit :



Les traverses permettent :

- de prévenir l'écartement des rails
- de distribuer les charges sur la couche de base.

La couche de base et la sous-couche sont capables d'absorber les pressions sur les rails et de les amortir de sorte à prévenir les déformations permanentes sur le terrain naturel.

Lors du passage du train, deux phénomènes peuvent se passer dépendant de la nature de la couche de base.

a) Procédé de passage du train : la couche de base est sèche.

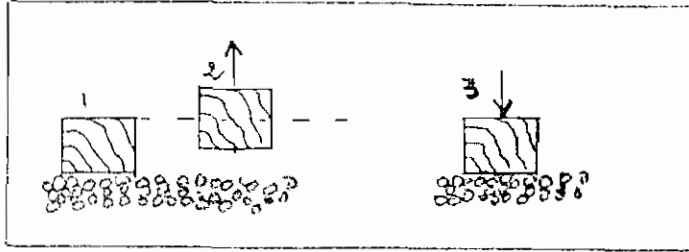


Fig 1

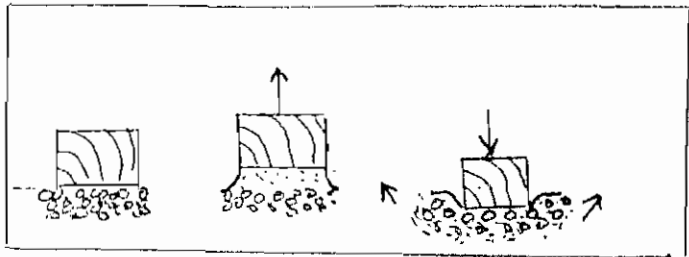
1: position normale

2: le train s'approche et les traverses se soulèvent

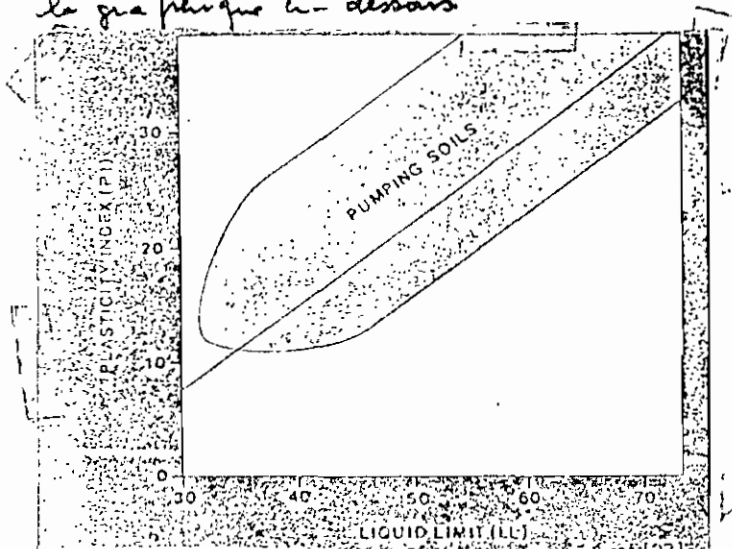
3: les roues du train appuient sur les traverses.

b) Procédé de passage du train : la couche de base est humide.

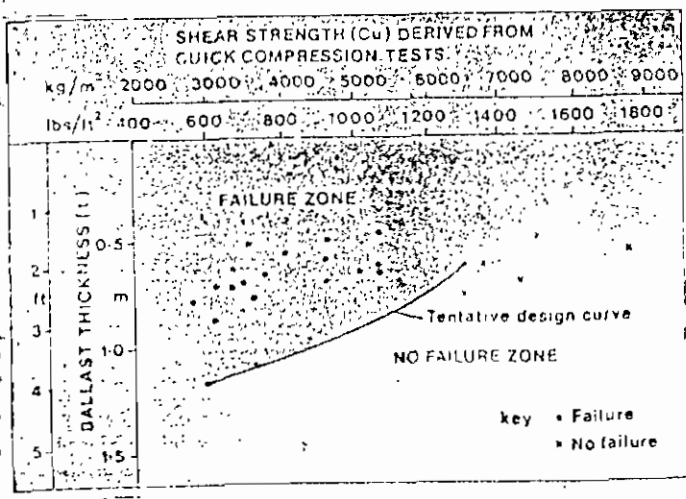
Avec la remontée de la nappe phréatique, les particules fines s'infiltrent à travers la couche de base et les étapes de la fig 1 deviennent :



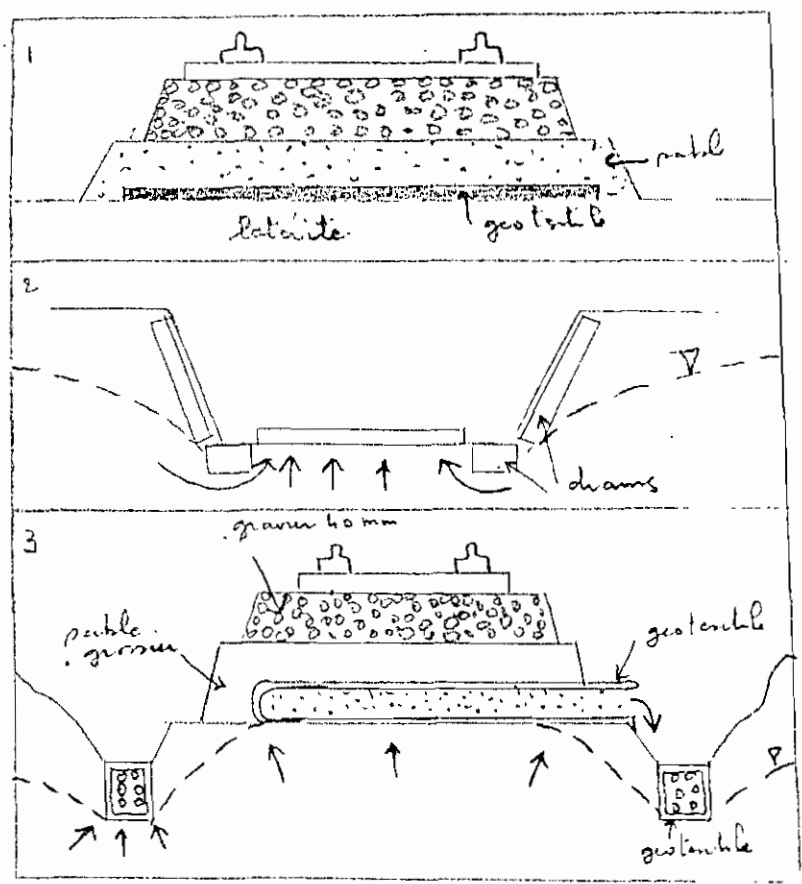
Quand la traverse se soulève à l'approche du train, il y a un phénomène d'aspiration de la boue et quand le train passe dessus, les traverses s'enfoncent. la boue augmente l'élasticité de la couche de base. Les sols susceptibles d'être aspirés (pour les rails et poils) sont identifiés dans la graphique ci-dessous



Si le terrain naturel ne peut supporter le cisaillement dû à la structure, on a un phénomène de rupture. Le graphique ci-dessous donne les poids acceptables de rupture en fonction des épaisseurs de couche de base.



Les différents profils ci-dessous donnent satisfaction



Aujourd'hui, l'opportunité de l'utilisation des géométries n'est plus à démontrer. Des recherches doivent continuer à se faire quand à la maîtrise et l'expansion de leurs fonctions mais aussi et surtout à l'intégration de ces fonctions sur divers domaines et applications.

CHAPITRE VI

ECONOMICITE de

L'UTILISATION des

GEOTEXTILES

VI) ETUDE ECONOMIQUE DE L'UTILISATION DES GEOTEXTILES

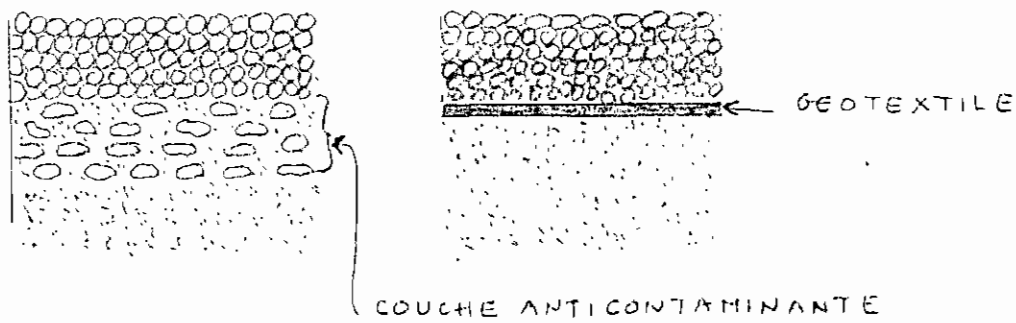
On est dans une société en perpétuelle crise et dès lors, il demeure intéressant, après avoir démontré de multiples fonctions des géotextiles, de montrer l'économicité de leurs utilisations.

Deux cas sont présentés et dans chacun des cas, le calcul de rentabilité d'utilisation d'un géotextile s'effectue en comparant les coûts du gravier provenant d'un banc d'emprunt situé à une certaine distance des lieux de construction versus le coût du géotextile une fois les matériaux mis en place. Le seuil de rentabilité se situe lorsqu'il est coûteux moins cher d'acheter et d'installer un géotextile et d'aller chercher et de mettre en place le matériel granulaire situé à une certaine distance.

	PRIX (CFA)	SOURCES
gravillon (m ³)	4000 F	C.O.E (Consortium d'entreprise)
m ³ /km de transport	19 F	"
POSE	195 F	"
m ² de géotextile (Bidim V34)	750 F	SADE

Les calculs se font sur la base de ces informations qui sont reçues à partir des entreprises de la place.

1° CAS : CONTAMINATION DE LA STRUCTURE SUR UNE EPAISSEUR DE 150 mm



granillon à achat (carrière)	1 km	5 km	10 km
transport	19 F	95 F	190 F
pose	195 F	975 F	1950 F
coût du m ³	4214 F	5070 F	6140 F
coût de la contamination	632.1 F	760.5 F	921 F
coût du géotextile	750 F	750 F	750 F

Soit x la distance minimale qui justifierait l'utilisation du géotextile.

$$(4000 + 19x + 195x) \times 15 = 750$$

$$32.1x = 150$$

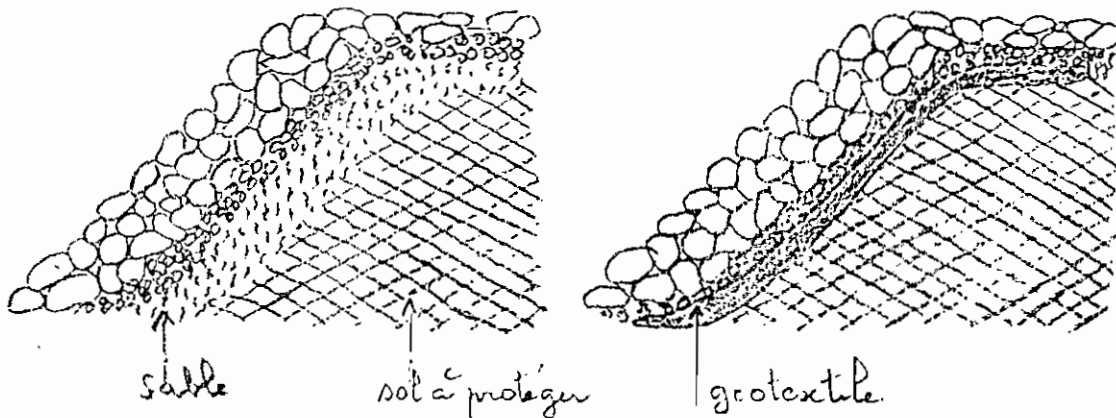
$$\Rightarrow x = \frac{150}{32.1} = 4.67 \text{ km} \approx 5 \text{ km}$$

On remarque que le seuil de rentabilité se situe par interpolation. Bien lorsqu'on doit aller chercher notre pierre à plus de 4.67 km. Dans ce calcul simple, on ne tient pas compte de tous les autres avantages de l'utilisation des géotextiles sur le matériel granulaire notamment :

- rôle de répartisseur de charges
- rôle d'évateur de portance
- rôle de réducteur de l'épaisseur de notre structure

- rôle de réduction de risque d'embourbement des machineries dans les sols mous.
- est...

2° CAS: REMPLACEMENT D'UN FILTRE PAR UN GEOTEXTILE LORS DE TRAVAUX DE PROTECTION DE BERGE



La pratique a montré qu'une épaisseur minimale de 30 cm de filtre est requise. Pour les besoins de l'analyse, on va considérer une épaisseur de 60 cm soit le double du minimum requis.

Matériau filtrant à	1 km	5 km	10 km
Achat (carrière)	4000 F	4000 F	4000 F
transport	19 F	95 F	190 F
Pose	195 F	975 F	1950 F
coût du m ³	4214 F	5070 F	6140 F
coût de la contamination	2528.4 F	3042 F	3684 F
coût du géotextile (U44)	944 F	944 F	944 F

On peut remarquer qu'économiquement, il est rentable en tout temps d'utiliser du géotextile dans ce type d'application qu'il s'agit de remplacer d'un filtre. Techniquement parlant, on peut ajouter qu'un

geotextile est plus sécuritaire d'utilisation qu'un filtre composé de graviers.

Le même calcul doit être fait pour toutes les autres applications et, s'il s'avère que techniquement ou économiquement il est avantageux d'acheter un geotextile, on se doit de le faire.

Aussi, il semblerait qu'au Canada le mètre carré (m^2) de geotextile peut s'obtenir à 1 \$. Ceci impliquerait que transport compris, il pourrait nous revenir à 2 \$ soit 400 F. A ce prix, le geotextile apparaît comme un produit d'avant-garde pour les pays du tiers monde.

CHAPITRE VII

UTILISATION AFRICAINE

des

GEOTEXTILES

VI) UTILISATIONS AFRICAINES DES GEOTEXTILES

L'utilisation des géotextiles a connu un véritable essor dans les pays nouvellement indépendants, certains pays africains ont commencé à s'en servir dans bien des domaines.

L'Égypte, pour ne citer qu'un pays arabe d'importance importante.

Tous telles que :

- des voies d'accès pour atteindre les zones riches en minerais
- des aménagements hydro-agricoles pour la population et à

quelques 30% programme

Généralement, elle adopte le fait dans des conditions extrêmes et

difficiles car nous oublions que qui n'est en zone sub-tropicale, tropicale ou aride. L'effet de ces conditions difficiles et que l'Égypte est connue et par conséquent ne permet pas de choisir suffisamment.

Par ailleurs dans le cas de l'Égypte, elle est obligée de faire à quel à l'échelle. Sans charge.

Si lors, l'utilisation des géotextiles n'est pas la dernière. Elle permet de réduire les coûts de projets, les dépenses d'entretien, les difficultés de mise en œuvre pour une main d'œuvre peu qualifiée et d'accroître les rituels de réalisation.

En outre, les géotextiles ont été utilisés par de nombreux chantiers et pour des emplois variés comme par exemple :

- la pose des voies de Transgabonais (63 000 m³)
- le tracé de protection d'un barrage en Togo (4790 m²)
- Protection de remblais pour voie ferrée en Algérie (28850 m²)
- Travaux d'infrastructure portuaire au Gabon (9540 m²)
- Stabilisation de sol route à un glissement de terrain pour tunnel à Nsanda au Gabon (3180 m²)
- Protection de berge au Nigeria (52470 m²)

- entechementage du phara et protection du parament avant de la digue barrage de feré au Benin (42 900 m²)
- Protection de la digue barrage de 600 m longon
- Protection th moulins pour digue barrage de Guiddel au Sénégal Guiddel et autre p^e 10 km à l'Est de Ziguinchor. La réalisation de ce barrage s'inscrit dans le cadre de la politique de maîtrise de l'eau lancée par le gouvernement Sénégalais. Ce projet devrait coûter au Sénégal une somme de 800 millions. L'Objet de l'ouvrage est d'irriguer les zones palmés par Fleuve Casamance au périmètre directement aux rizières de la vallée de Guiddel. Ce système de protection de 1150 hectares de terres cultivables comité technique monté à l'été dernier de passage des eaux qui font actuellement un long séjour avant d'irriguer les rizières de la zone qui peut donner de bons rendements au riz ou de bon forte teneur en sel. Avec ce barrage, les eaux passeraient nécessairement par un barrage qui pourra par conséquent les canaliser. On observe également que malgré l'absence de fait que pendant la marée montante, les pertes d'énergie se font énormément au travers de l'effet de courant d'eau. On pourra également ouvrir les vannes de l'écluse pour régler exactement le plan d'eau dans la vallée.
- Mais la réalisation de ce barrage a posé d'énormes problèmes aux constructions de la firme Sade. En effet, le pays a eu de Guiddel est caractérisé d'immenses zones de vases dont le degré de consolidation ne s'élève qu'à 35 et 45 % et dont l'effet de cisaillement est extrêmement faible. De plus, il a été estimé que la construction devrait se faire sur un périmètre de 60 ans. Les constructions ont eu à se faire pendant longtemps sans problème pour enfin juger de l'opportunité d'attribuer des

gestantes. C'est en fait, ces gestantes qui leur ont permis de
réaliser de sitôt les travaux des digues et ainsi d'accélérer la
réalisation du barrage au grand bonheur des Paysans Casaman-
çais.

CHAPITRE VIII

CONCLUSION

VIII) CONCLUSION

De 1965 à nos jours, les géotextiles ont connu un accroissement de 20 à 25%. Cela est dû au fait que les applications qu'on en fait aujourd'hui sont multiples. L'objectif majeur est d'allier la technique des géotextiles à la géotechnique.

Le colloque International de Paris en 1977 avait ouvert une ère nouvelle, car il avait permis de mettre l'électronique au service de la recherche qui devrait permettre :

- d'orienter utilement l'industriel dans la mise au point ou la modification de son produit
- d'orienter également le choix de l'utilisation
- de proposer des classifications de produits avec spécifications, d'interoposabilité des géotextiles constitue certes une qualité en soi mais il reste à associer la chimie des géotextiles à la chimie des sols.

La maîtrise de toute les propriétés des géotextiles permettra de mieux saisir leurs différentes fonctions parmi les quelles on peut citer :

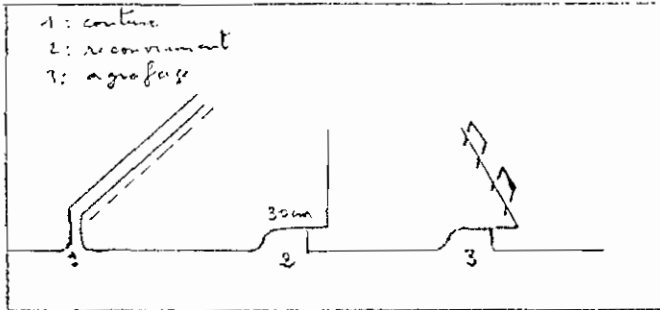
- la fonction de réparation
- " " d'armature
- " " de filtre
- " " de drain

Le tableau ci-après de Jacques Côté semble être assez schématisatif. Il permet de choisir adéquatement un géotextile en fonction de l'usage qu'on veut en faire.

Ainsi les géotextiles sont livrés sous forme de rouleaux ayant une certaine largeur et dès lors, il existe certaines techniques de liaisons dont :

- la couture
- le recouvrement

- l'agrafage



Parmi ces techniques qui ont fait leurs preuves dans la pratique, la couture semble être la plus utilisée.

CONTRAINTES AGISSANT SUR LE GEOTEXTILE						
	HYDRAULIQUE			MECANIQUE		
	NUL	MOYEN	BEAUCOUP	PEU	MOYEN	BEAUCOUP
DRAIN			X	X		
AUTOUR DU DRAIN FILTRE			X	X		
OUVRAGE DE PROTECTION			X		X	X
SEPARATEUR		X			X	
ARMATURE	X					X

TABLEAU DE JACQUES CÔTÉ

Le problème de vieillissement reste à maîtriser. Dans ce domaine précis, on se doit de rester prudent et d'éviter toute surcharge. Les géotextiles ont 30 ans d'âge et leur utilisation en géotechnique remonte à une dizaine d'années. Dans ces conditions, il est certainement prématuré, même s'il est vrai qu'ils ont été mis en service, de vouloir

leur pronostiquer une durée de vie étant donné que la durabilité de chaque geotextile risque d'être aussi diversifiée que les utilisations que l'on veut en faire

Aussi, des études doivent être faites quand à la normalisation des essais et à la spécification des matériaux.

L'économie de l'utilisation de geotextiles n'est plus à démontrer et en ce sens, il serait souhaitable que les Pays Africains s'en servent d'avantage pour :

- la réalisation de voies d'accès
- la réalisation de complexes hydro-agricoles

Bonne toute, bien que les fonctions et les propriétés des geotextiles soient maîtrisées en grande partie, il demeure que leurs utilisations en terre restent liées aux jugements de l'ingénieur.



ANNEXE 1

Dans cette partie, il est représenté la liste des géotextiles existant actuellement sur le marché avec certaines de leurs caractéristiques principales.

TABLE 1: FABRIC PROPERTIES (from manufacturers' data)

Name	Manufacturer	Agent (if any)	Composition and manufacture	Grades	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Permeability to water at constant head		Particle retention	Ultimate strength (kN/m)	Elongation at ultimate strength (%)	Method of strength test	Width (if available) (m)																								
							Litre/m ² /s	Head used in test (mm)						Max. size retained (micron)	Means of derivation																						
FABRICS AND MESHES ON SALE IN UK																																					
Sida	Rhône-Poulenc Textile France	Buly Products Ltd Radford Crescent Billericoy Essex	100% polyester, needled	U 14 U 24 U 34 U 44 U 64	150 210 270 340 550	1.5 (1) 1.9 (2) 2.3 (4) 2.8 (3) 4.4 (4)	(3)	Head used in test (mm)	97/61 (4) 94/59 (4) 50/56 (4) 89/56 (4) 66/53 (4)	5.9 9.8 14.0 19.0 32.0	50/70 50/70 50/70 50/70 50/70	APMOR GD 3001 (50 mm wide strip test)	5.30, 2.10 5.30, 4.70, 2.10																								
														BSP International Foundations Ltd Claydon Ipswich, Suffolk IP6 0QB	Polypropylene fibres needled-punched and thermic fixed with polyester yarns one way	S 170 S 300 S 400	approx 150 approx 300 approx 400	15 19 3.5	100	20 - 60 20 - 60 20	(1)	11.0 length 15.4 cross 23.0 length 42.5 cross 36.7 length 57.9 cross	30-50 40-70 60-80	17) ASTM D - 1682 (Grab test)	4.2 - 5.2												
																										Frank Parker & Co. Limited PO Box 34 South Ward Road Dundee DD1 0Q7	100% polypropylene, woven tape 75% polypropylene, 25% nylon, needleweave	16/15 Needleweave	170 147.5	12 6	50	150 80	0.90 (5)	16 warp 15 weft 9 warp 9 weft	21 warp 15 weft 11 warp 16 weft	BS 4859	4.50 standard 4.35 standard
CMG Industrial Supplies Limited Garrets Lane Cradley Heath Marley West Midlands B64 5RE	100% polypropylene, needled	75 200 75 300 75 400	300 280 340	47 40 37	1000	(3)	11 13 16	90 60 80	'strip test' resistance	2.40, 4.60 seen 2.50, 4.90 seen 2.50, 3.50 seen																											
											Synthetic Fabrics (Scotland) Ltd Victoria Works Ferrar, DDB 3BS	85% polypropylene, 15% nylon, needleweave	P 3461 P 3624 P 3512	108 167 240	12 14 8	50	(3)	9 warp 7 weft	11 warp 16 weft	BS 2576	Up to 5.15																
H & A Scott Ltd Tayfield Works PO Box No 6 Dundee DD1 9AW	100% polypropylene, woven tape	P 3461 P 3624 P 3512	108 167 240	12 14 8	100	(3)	15 warp 13 weft 10 warp 10 weft 10 warp 10 weft 10 warp 10 weft	20 warp 13 weft 10 warp 5 weft 10 warp 10 weft 10 warp 10 weft	BS 4859	13																											
											Tay Textiles Limited Park Mill Dundee DD1 9NA	100% polypropylene, woven tape 85% polypropylene, 15% nylon, needleweave	Unfinished Finished	112 175	9.0 9.7	100	150 75	(3)	15 warp 14 weft 11 warp 9 weft	19 warp 15 weft 9 warp 7 weft	BS 2576	Up to 5.15															

TABLE 1 - continued

Name	Manufacturer	Agent (if any)	Composition and manufacture	Grades	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Permeability to water at constant head		Particle retention max. size retained (micron)	(6) ultimate strength (kN/m ²)	Elongation at ultimate stress (%)	Method of strength test	Width (at available length) (m)	
							Litre/m ² head	Head used in test (cm)						
1. FABRICS AND MESHES ON SALE IN UK (Contd)														
Terram	ICI Fibres Ltd Hookstone Road Harrow North Yorkshire HG2 8QW	1. Greenham Tool Co Limited 2. Sheffield Insulations Limited	67% polypropylene 33% polyethylene melt-bonded	500	Up to 70	0.4	150		350	3.75	35	IC: plane strain test	4.5/5.3	
				700	71/100	0.5	50		180	5.0	40			
				1000	101/170	0.7	40	100	100 (5)	8.5	35			
				1500	171/222	0.8	35	60		11.0	50			
				2000	223/253	1.0	33	50		13.0	50			
3000	254/300	1.0	30	40		14.0	60							
Tytar	Dupont Limited Luxemburg	Expandite Ltd 1-9 Chase Road London NW10 6PS	100% polypropylene melt-bonded	119	119	0.46	42	175	9.12	(3)	Fugro test	2.00, 4.22, 5.17 3.5, 4.2, 5.2 3.5, 4.2, 5.2		
				136	136	0.46	35	225	10.1					
				200	200	0.60	15	65	16.0					
2. MATERIALS ON SALE IN UK BUT NOT USED IN ROADS OR PAVEMENTS														
Broplene	Bridon Fibres and Plastics Limited		Polypropylene, UV stabilised 25 mm square mesh											
Nicolon	Ricolon NV, Holland	Arasco Ltd	Several woven and non-woven fabrics										7.6	
Wyretex	Malcolm, Gillvie & Co. Limited 31 Constitution Street Dundee, DD3 6NL		Polypropylene or Jute yarns with galvanised wire reinforcement, woven	9 Grades	199 to 1156	(3)	(3)	(3)	10 10 64	(3)	(3)	1.50		
3. MATERIALS USED FOR ROADS ABROAD BUT NOT ON SALE IN UK (not a comprehensive list)														
Polymene	Sartlon Ltd Australia		Polypropylene (?) woven tape	R	103	0.25	100-12	100			20	50 mm strip	3.86	
Trical (1)	Nyllex Corp. Australia		High-density polyethylene, extruded mesh	6 mm	(3)	(1)	Infinite		1800	6.8		(3)		
				12.5 mm				12500	3.85					
				25 mm				25000	5.35					
				37.5 mm				3500	4.05					

NOTES TO TABLE 1

- Information supplied January 1977
- The grades listed are a new range of Terram fabrics. Four will be on sale in mid-1978, but the 500 and 1500 grades will not be available until early 1978. In the meantime, Terram 70, of the former range, remains in production as an alternative to the new 500. References later in the notes are all to fabrics of the former range, comprising Terram 70, 110 and 200.
- Data not provided
- The figures are for fabric under light pressure. There are large changes when the fabric is stretched.
- 500 is the size at the 50 per cent limit point of the pore size distribution curve (see Section 6.3.2.4.)
- Several manufacturers quote results of Dore strain one type of strength test. In each case, the method giving the nearest approximation to uniform unidirectional strain has been chosen for inclusion in the table
- The assumptions on which strength in fibre is derived from our test results are not explained

TABLE 1—Fabrics used in test program.^a

Fabric Trade Name	Manufacturer or Distributor	Description
Advance Type I	Advance Construction Specialties/Laurel Plastics Co.	black woven polypropylene monofilament, 7.2 oz/yd ² weight, 17 mil thickness
Advance Type II	Advance Construction Specialties/Laurel Plastics Co.	black woven polypropylene monofilament, 7.2 oz/yd ² weight, 22 mil thickness
BIDIM C-22	Monsanto Textiles Co.	gray nonwoven mechanically entangled continuous filament polyester, 4.5 oz/yd ² weight, 75 mil thickness
BIDIM C-28	Monsanto Textiles Co.	gray nonwoven mechanically entangled continuous filament polyester, 5.9 oz/yd ² weight, 95 mil thickness
BIDIM C-34	Monsanto Textiles Co.	gray nonwoven mechanically entangled continuous filament polyester, 9.6 oz/yd ² weight, 109 mil thickness
BIDIM C-38	Monsanto Textiles Co.	gray nonwoven mechanically entangled continuous filament polyester, 12.4 oz/yd ² weight, 114 mil thickness
BIDIM C-42	Monsanto Textiles Co.	gray nonwoven mechanically entangled continuous filament polyester, 19.4 oz/yd ² weight, 188 mil thickness
Enkamat Type 7010	American Enka Co.	black nonwoven entangled and melt-bonded nylon monofilament, 7.7 oz/yd ² weight, approximately 0.25 in. in thickness
Enkamat Type 7020	American Enka Co.	black nonwoven entangled and melt-bonded nylon monofilament, 11.8 oz/yd ² weight, approximately 0.5 in. in thickness
Filter-X	Carthage Mills	green woven poly(vinylidene chloride) monofilament, 12.0 oz/yd ² weight, 16 mil thickness
International Paper 503	International Paper Corp.	white nonwoven bonded polypropylene monofilament, 3.4 oz/yd ² weight, 27 mil thickness
Lotrak 16/15	Kenross-Naue	off-white woven polypropylene and nylon monofilament, 4.8 oz/yd ² weight, 10 mil thickness
Mirafi 140	Celanese Fibers Marketing Corp.	white nonwoven polypropylene and nylon random-oriented monofilament, 4.1 oz/yd ² weight, 30 mil thickness
Monofelt N-5500-01	J. P. Stevens and Co.	white nonwoven polypropylene entangled and fused monofilament, 5 oz/yd ² weight, 40 mil thickness
Nicolon 66186	Nicolon Corp.	white woven polyamide monofilament, 6.8 oz/yd ² weight, 20 mil thickness
Nicolon 66475	Nicolon Corp.	black woven polypropylene, multifilament (fibrillated) strands, 21.8 oz/yd ² weight, 85 mil thickness
Nicolon 66530	Nicolon Corp.	black woven polypropylene, multifilament strands, 3.8 oz/yd ² weight, 15 mil thickness
Permealiner M-1195	Staff Industries	black woven polypropylene monofilament, 7.2 oz/yd ² weight, 16 mil thickness
Polyfilter GB	Carthage Mills	black woven polypropylene monofilament, 6.6 oz/yd ² weight, 26 mil thickness
Polyfilter X	Carthage Mills	black woven polypropylene monofilament, 7.2 oz/yd ² weight, 16 mil thickness
Stabilenka T80	American Enka Co.	white nonwoven bonded polyester monofilament, 2.3 oz/yd ² weight, 20 mil thickness
Stabilenka T100	American Enka Co.	white nonwoven bonded polyester monofilament, 3.4 oz/yd ² weight, 30 mil thickness
Stabilenka T140	American Enka Co.	white nonwoven bonded polyester monofilament, 4.6 oz/yd ² weight, 32 mil thickness
Supac	Phillips Fibers Corp.	gray nonwoven entangled olefin monofilament, 4 oz/yd ² weight, 60 mil thickness
Terrafix 300NA	Kenross-Naue	white nonwoven polypropylene entangled monofilament with woven nylon multifilament strand reinforcement, 22 oz/yd ² weight, 150 mil thickness
Typar 3401	E. I. du Pont de Nemours & Co.	gray nonwoven heat-bonded polypropylene monofilament, 4.0 oz/yd ² weight, 15 mil thickness
Typar 3601	E. I. du Pont de Nemours & Co.	gray nonwoven heat-bonded polypropylene monofilament, 6 oz/yd ² weight, 19 mil thickness
Bay Mills 196-380-000	Bay Mills Midland	white woven fiberglass monofilament, 45 mil thickness

^a 1 oz/yd² = 33.9 g/m²; 1 mil = 25.4 μm; 1 in. = 25.4 mm.

top grip was suspended from a steel frame and a weight hanger was attached to the bottom grip. Each fabric was subjected to a static load sufficient to induce tensile stress equal to that developed at 2, 6, and 10% elongation during uniaxial tension testing. Because of the relative magnitude of the static loads that were to be applied, creep testing was conducted with 25-mm (1-in.) wide specimens. The creep test setup with a typical loaded specimen is shown in

Fig. 4. The static load necessary to produce tensile stress developed in the material at 2% elongation was applied and deformations were monitored until they had essentially ceased. Additional weight was then added to increase fabric stress to that developed at 6% elongation and the procedure repeated. Finally, the procedure was repeated with a fabric tensile stress equivalent to that developed at 10% elongation.

TABLE 2—Results of fabric tension testing.

Fabric Trade Name	Woven (W) or Nonwoven (N)	Warp (W) or Fill (F)	Tensile Stress, lbf/in. ²			Strain at Failure, % ^a	Apparent Poisson's Ratio at Failure	Initial Tangent Modulus, lbf/in. ²	Secant Modulus at 10% ϵ , lbf/in. ²
			5% ϵ	10% ϵ	Ultimate				
Nicolon 66475	W	W	110.6	361.7	903.3	21(T)	...	714	3620
		F	40.6	107.0	159.7	15(T)	...	577	1070
Polyfilter-X	W	W	52.7	102.3	311.3	35(T)	...	1429	1028
		F	31.1	65.7	184.2	33(T)	...	564	657
Advance Type I	W	W	57.7	107.5	251.5	29(T)	...	3500	1075
		F	25.6	50.5	137.2	29(T)	...	697	505
Nicolon 66186	W	W	46.1	108.5	226.0	15(F)	...	260	1085
		F	56.9	130.8	241.8	15(T)	...	1000	1038
Permealiner M-1195	W	W	37.6	70.7	223.3	30(T)	...	1000	707
		F	39.8	72.5	165.7	28(T)	...	1455	725
Bidim C-42	N	W	11.2	22.0	191.0	50(E)	1.48	171	220
		F	7.8	20.2	179.7	47(S)	1.60	171	202
Advance Type II	W	W	38.5	72.0	178.7	30(T)	...	1547	720
		F	40.3	77.3	152.0	22(T)	...	1173	773
Terrafix NA330	N/W	W	30.0	48.8	128.3	23(T)	...	842	488
		F	27.4	42.5	109.2	23(T)	...	739	425
Polyfilter-GB	W	W	21.7	42.2	114.2	39(T)	...	413	413
		F	21.3	41.7	91.2	26(T)	...	413	413
Bidim C-38	N	W	6.5	13.5	99.8	42(S)	1.45	133	135
		F	4.7	11.2	101.0	43(S)	1.60	68	112
Filter-X	W	W	16.7	31.0	88.8	24(T)	...	306	340
		F	7.0	15.3	36.5	21(T)	...	120	153
Bidim C-34	W	W	4.0	10.0	87.6	45(S)	1.65	71	100
		F	3.2	7.2	57.3	37(S)	1.80	71	72
Lorak 16/15	W	W	17.7	36.5	87.5	30(T)	...	426	365
		F	23.7	37.8	49.5	19(S)	...	717	378
Nicolon 66530	W	W	17.8	34.0	77.0	26(S)	...	483	340
		F	22.4	39.0	52.5	19(S)	...	580	390
Eypar 3601	W	W	26.5	38.8	58.0	42(S)	1.29	950	388
		F	24.0	36.2	63.2	50(E)	0.43	875	362
Bidim C-28	N	W	3.1	6.7	59.7	42(S)	1.88	63	67
		F	2.9	7.7	53.7	43(S)	1.94	53	77
Stabilenka T-140	N	W	21.1	27.7	53.5	36(T)	...	900	277
		F	11.5	15.0	33.2	41(T)	...	533	150
Supac	N	W	3.5	7.3	49.2	50(E)	1.56	76	73
		F	3.3	6.8	44.2	50(E)	1.52	71	68
Monofelt N-5500-01	N	W	4.5	7.3	32.2	50(E)	1.50	130	73
		F	5.2	8.8	47.0	50(E)	1.52	154	88
Bidim C-22	N	W	3.3	9.2	46.7	34(S)	2.45	62	92
		F	3.3	7.2	43.5	41(S)	2.00	69	72
Eypar 3401	N	W	15.5	22.5	30.0	34(S)	1.59	525	225
		F	21.7	28.7	41.8	43(S)	1.36	1025	287
Mirafi 140	N	W	9.8	14.8	29.0	50(S)	1.45	357	148
		F	8.2	11.3	23.3	50(E)	1.13	250	113
Stabilenka T-100	N	W	13.3	17.2	27.3	36(S)	1.64	500	172
		F	7.0	8.8	19.2	50(E)	1.43	361	88
International Paper 503	N	W	11.6	15.2	20.7	19(T)	...	347	68
		F	4.8	6.8	12.7	29(S)	...	163	152
Stabilenka T-80	N	W	5.3	6.8	13.3	50(E)	1.48	265	68
		F	2.2	2.8	9.2	50(F)	1.58	72	28
Enkamat 7020	N	W	0.1	0.3	6.3	50(E)	...	1.2	30
		F	0.2	0.5	3.6	50(E)	...	3.6	50
Enkamat 7010	N	W	0.3	0.7	5.2	50(E)	...	5.6	7
		F	0.2	0.3	2.3	50(E)	...	3.3	30
Ray Mills 196-380-000	W	W	137.1	...	318.2	8(T)	...	1000	4000 (8%)
		F	55.0	273.4	273.4	10(T)	...	284	2742

^a 1 lbf/in. = 0.175 kN/m.

^b T = torn, E = 50% elongation, and S = Strength drop.

^c Fabric tore, so necking down could not be determined.

^d Necking down was too small for reliable measurement or measurement was not taken.

^e Fabric failed at 8% strain.

ANNEXE 2

La science des gestentils ne date pas de longtemps. En notant que c'est une nouvelle science, des approches nouvelles pour la détermination de leurs principales caractéristiques voient de plus en plus le jour. De plus en plus, des appareils très sophistiqués sont utilisés, c'est d'ailleurs une des raisons qui ont fait qu'on a négligé dans le cadre de ce projet la partie expérimentale.

Dans le cadre du projet, des approches de la mesure de la résistance à la traction étaient présentées.

Ici, on présente une méthode plus récente pour suivre de près l'évolution des choses.

Nouvelle approche de la mesure de la résistance à la traction des géotextiles non-tissés

Jean-Marie RIGO
Ingenieur civil
Assistant à l'université de Liège
Institut de génie civil

Jacques PERFETTI
Recherche et développement géotextile
Rhône-Poulenc textile

Présentation

Etienna LEFLAIVE
Chargé de mission
Département des chaussées
Laboratoire central

Le développement des « géotextiles », c'est-à-dire des matériaux textiles utilisés dans le génie civil et plus particulièrement en géotechnique, pose le problème des normes applicables à ces produits; des essais normalisés sont nécessaires pour les décrire en termes techniques appropriés et pour rédiger des spécifications.

La dernière session du Colloque international de Paris (1977) sur l'emploi des textiles en géotechnique — qui était consacrée aux essais et aux spécifications — avait mis en évidence ce besoin ressenti à la fois par les utilisateurs, qui souhaitent pouvoir comparer objectivement les produits, et par les producteurs textiles soucieux de faire connaître les performances de leurs matériaux en termes parlants pour les utilisateurs.

La difficulté est que la plupart des essais textiles traditionnels ne sont pas adaptés aux applications nouvelles du domaine de la géotechnique; il faut donc modifier les essais existants ou créer des essais nouveaux.

Dans plusieurs pays, des groupes de travail se sont attaqués à cette tâche; en France, elle est animée et coordonnée par le Comité français des géotextiles et réalisée par de nombreux laboratoires.

Les quatre principaux domaines où des essais doivent être mis au point sont le comportement en traction, la résistance à la déchirure, la perméabilité et les propriétés filtrantes.

L'article de MM. Rigo et Perfetti concerne le premier de ces domaines. Il analyse les difficultés des essais de résis-

RÉSUMÉ

L'article traite de la mesure de la résistance à la traction des géotextiles non-tissés. Il analyse les problèmes posés par l'emploi de différents types d'essais de traction et propose, pour éviter les inconvénients correspondants, de faire les essais de traction sur des éprouvettes de grande largeur par rapport à la hauteur. L'article présente les résultats d'essais de ce type sur un non-tissé, avec différentes valeurs du rapport largeur/hauteur de l'éprouvette.

MOIS CLÉS : 35 - Mesure - Résistance (matér.) - Traction - Non tissé - Éprouvette - Dimension - Essai.

tance à la traction et montre l'intérêt pour les non-tissés des essais sur éprouvettes larges, ou plus précisément dont la largeur est grande par rapport à la hauteur.

Ce type d'essai a l'avantage d'être simple, facile à réaliser de façon identique dans tous les laboratoires, de s'appliquer de la même façon aux tissés et aux non-tissés et de fournir, par ses résultats chiffrés (résistances et modules dans le sens de production et dans le sens travers, courbes effort-déformation), une information substantielle utilisable par l'ingénieur.

L'application des surfaces textiles dans le génie civil a subi un essor considérable ces dernières années. On emploie principalement les géotextiles comme :

- armatures dans les sols de portance médiocre,
- écrans séparateurs entre des matériaux de granulométries différentes,
- filtre autour de tuyaux ou tranchées drainants.

Cet article est essentiellement consacré aux deux premiers types d'application.

Sur le marché, un grand nombre de géotextiles aux caractéristiques différentes existent. Leurs qualités et leurs prix sont très variables, ce qui ne rend pas le choix facile pour les utilisateurs. Soucieux de caractériser leurs matériaux, les producteurs, dans la première phase de développement de cette technique, ont transposé les méthodes d'essai ainsi que les tests de contrôle d'origine textile à cette nouvelle génération de produits.

La variété, ainsi que le grand nombre de normes existantes, pouvaient amener une certaine confusion dans l'esprit des prescripteurs et des utilisateurs. Depuis le colloque international de 1977 sur l'emploi des textiles en géotechnique, les prescripteurs, les utilisateurs et les producteurs, par souci de standardisation, ont mis en place dans de nombreux pays (Belgique, Allemagne, Pays-Bas, États-Unis, etc.) des structures pour faire face à cette situation.

En France particulièrement s'est créé le Comité français des géotextiles ; sur le plan international, la RILEM a mis en place une commission afin d'harmoniser le travail des divers groupes d'étude.

La première question que se posent le plus souvent les commissions techniques est celle relative à la mesure du comportement en traction des géotextiles, qu'ils soient tissés, non-tissés ou autres. Cet essai, dont tous les utilisateurs tiennent compte pour sélectionner les géotextiles, doit être adapté au fonctionnement en place des nappes ainsi qu'aux méthodes de calcul lorsque ces dernières existent.

Le développement qui suit a été volontairement limité dans un premier temps à un seul matériau, et les résultats de nos recherches montrent que les ouvrages dimensionnés avec des géotextiles de type non-tissés, employés comme armatures utilisant les données fournies par les essais de traction actuels (Strip-test et Grab-test) sont généralement surdimensionnés, dans la mesure où le dimensionnement est évalué d'après un calcul de rupture.

FONCTIONNEMENT DES GÉOTEXTILES DANS UN OUVRAGE

La géotechnique pose généralement comme hypothèse de travail l'état plan de déformation. Pour faire comprendre cette notion, prenons deux exemples simples.

1. — Une semelle de fondation, que l'on suppose de grande longueur, est posée sur un sol de portance médiocre (fig. 1). Un renforcement au moyen d'un géotextile est employé pour remédier à cette lacune. Par suite d'une augmentation de charge verticale, un tassement de terrain se produit : la semelle déforme son support, entraînant une mise en tension de l'armature. Étant donné la très grande longueur de l'ensemble étudié, les déformations agissent seulement dans le plan vertical de la figure 1. Les déformations longitudinales sont empêchées.

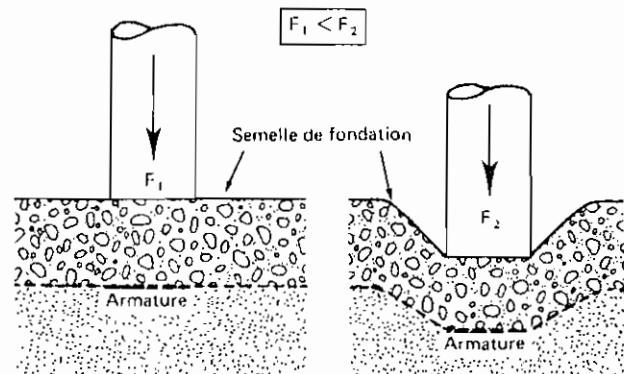


Fig. 1 - Schéma de déformation d'une semelle de fondation.

Le mode de travail du textile, dans ce cas simple peut être schématisé comme le montre le modèle de la figure 2.

La membrane est tendue (σ_1) et déformée (ϵ_1) dans une direction ; dans l'autre direction, la déformation (ϵ_2) est nulle, mais la contrainte (σ_2) ne l'est pas. Cette différence de comportement en place par rapport à l'essai de traction simple sur bande de 200 mm x 50 mm est assez fondamentale. En effet, dans ce dernier cas, les déformations (ϵ_2) ne sont pas empêchées ; de ce fait, les contraintes dans la même direction (σ_2) sont nulles. On constate donc que l'essai traditionnel de traction est inadapté pour simuler un comportement in situ du géotextile.

2. — Le deuxième exemple est celui de l'emploi des géotextiles comme armature de remblai armé à paroi verticale (fig. 3).

Le raisonnement tenu pour la semelle filante reste valable et les conclusions sont identiques. La mesure de la résistance à la traction devra donc être fournie par un essai qui simule la sollicitation biaxiale et la déformation uniaxiale que nous venons de décrire. Connaissant le but à atteindre, nous pouvons donc analyser d'un oeil critique les méthodes de traction sur bandes employées et proposées aux prescripteurs.

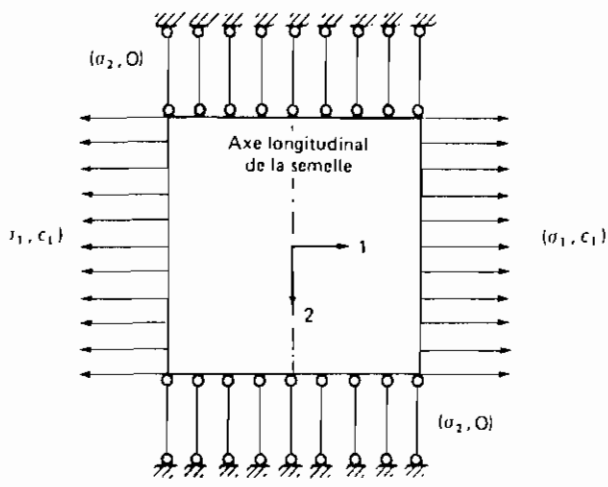


Fig. 2 - Schéma de déformation simple d'un géotextile en fonctionnement.

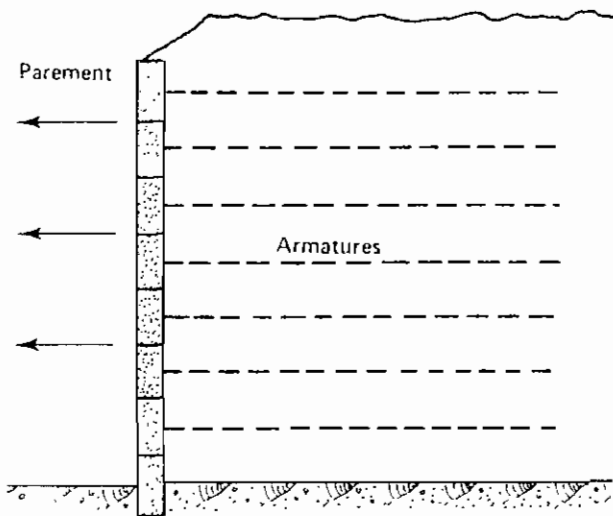


Fig. 3 - Renforcement d'un remblai à paroi verticale

ESSAIS DE TRACTION (fig. 4)

AFNOR G 07.001, DIN 53857, ASTM D 1682 (Strip-Test), EDANA 20073

Cet essai est simple et très employé dans l'industrie textile. La partie active des éprouvettes se présente sous forme d'une bande de 200 mm × 50 mm ; les zones de fixation dans les mors viennent en complément. Soit, la déformation est constante et fixée à une vitesse de 100 mm/minute, soit, la rupture doit intervenir dans un temps de 30 ± 3 secondes. Dix échantillons sont expérimentés : cinq dans le sens production et cinq dans le sens travers. La résistance à la rupture est exprimée en daN/5 cm. Une polémique pourrait être développée à l'encontre de cet essai. Aussi, ne nous permettrons-nous de dégager que les principales critiques que nous avons relevées.

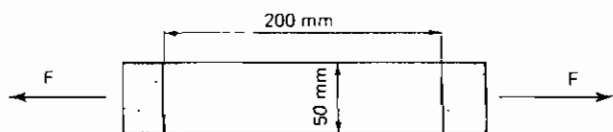


Fig. 4 - Essai de traction simple sur bande

1. — Hétérogénéité du matériau expérimenté

La technologie de fabrication des non-tissés permet difficilement l'obtention de matériaux parfaitement homogènes. La densité des fibres varie d'un endroit à l'autre de la nappe. Aussi, étant donné la faible dimension des éprouvettes expérimentées, on note une forte dispersion des valeurs de résistance en traction et les limites de confiance des moyennes s'en trouvent affectées. Pour remédier à cet état, on peut soit augmenter la dimension des éprouvettes, soit en augmenter le nombre. C'est la deuxième solution que l'on adopte, avec les conséquences financières que cela suppose.

2. — Striction importante

La valeur nominale de la résistance est toujours établie par rapport à la largeur initiale de l'éprouvette, c'est-à-dire 5 cm. La figure 5 montre un essai dans son déroulement, et prouve que la largeur effective de la bande est moindre.

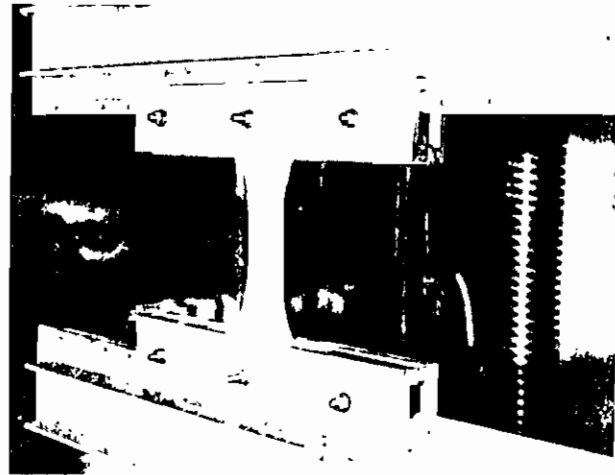


Fig. 5 - Effet de la striction sur le géotextile

Aussi, proposons-nous de comparer la résistance d'un textile dans les trois cas illustrés par la figure 6 :

a) Avec déformation latérale libre (fig. 6a)
(éprouvette de faible largeur et de grand élanement)
 $\frac{b}{h}$ est petit, à la rupture b_c est très différent de b :

$$b_c \neq b$$

b) Avec déformation latérale limitée (fig. 6b)
(éprouvette de grande largeur et de faible élanement)
 $\frac{b}{h}$ est grand, à la rupture b_c est voisin de b :

$$b_c \approx b$$

c) Avec déformation latérale contenue (fig. 6c)

Quel que soit $\frac{b}{h}$ à la rupture :

$$b_c = b$$

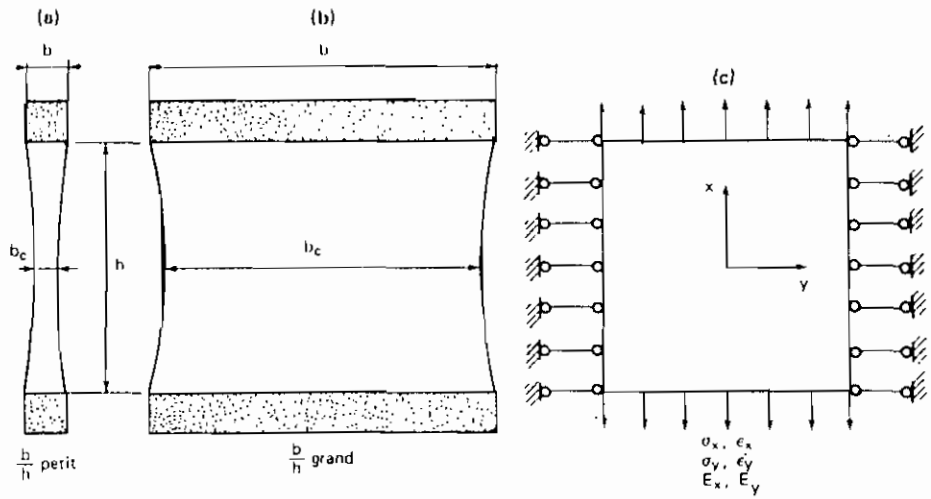
On peut alors mesurer ou déterminer :

- les contraintes : σ_1 et σ_2 ,
- les déformations : ϵ_1 et ϵ_2 ,
- le module de Young : E_1 et E_2 ,
- le coefficient de Poisson : ν .

Comme nous le verrons, c'est avec une bonne approximation et dans certaines conditions de géométrie et d'échelle

Fig 6 -
Schéma possible
de déformation des géotextiles
sous les effets de la traction.

- a. avec déformation latérale libre
- b. avec déformation latérale limitée
- c. avec déformation latérale contenue



de l'éprouvette que nous pouvons rapprocher le cas b) du cas c). On détermine donc :

$$\begin{matrix} \sigma_x & \sigma_y \\ \epsilon_x & \epsilon_y \\ E_x & E_y \end{matrix}$$

Cela suppose que le matériau répond à la loi de Hooke jusqu'à la rupture : hypothèse que nous confirmerons par l'expérience :

- Avec la déformation latérale libre, la loi de Hooke est simple : $\sigma_y = 0$.

Cependant, pour que cette équation soit vérifiée, il faut qu'il n'existe aucun frottement latéral. Ce dernier est cependant présent au niveau des mâchoires de serrage de l'éprouvette dans le dynamomètre.

$$(\sigma_x)_1 = E_x \epsilon_x \quad (1)$$

- Avec les déformations latérales contenues, on a :

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E_x} - \frac{\nu \sigma_y}{E_y}$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E_y} - \frac{\nu \sigma_x}{E_x} = 0 \rightarrow \sigma_y = \frac{\nu E_x}{E_y} \epsilon_x$$

$$\text{Or } \epsilon_y = 0$$

On déduit que :

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E_x} (1 - \nu^2)$$

$$(\sigma_x)_2 = \frac{E_x \sigma_x}{1 - \nu^2} \quad (2)$$

En comparant (1) à (2), on voit que :

$$(\sigma_x)_2 > (\sigma_x)_1$$

Il faut cependant remarquer que les seules méthodes d'essai pouvant déterminer le coefficient de Poisson doivent disposer d'un champ de contrainte et de déformation bidirectionnel.

L'essai de traction sur manchon dilatable cylindrique mis au point par le Laboratoire de Saint-Brieuc permet de calculer cette valeur, qui est généralement comprise entre 0.3 et 0.4 pour les géotextiles non-tissés.

$$\text{Donc : } \frac{1}{1 - \nu^2} = 1.14$$

On peut alors escompter une augmentation de 14 % de la force de rupture du géotextile lorsque la largeur de l'éprouvette testée devient infinie.

3. — Effet de bord

Dans les essais de traction sur éprouvettes de 50 mm de largeur, on observe un grand nombre de ruptures dans les congés de raccordement entre la zone centrale de l'éprouvette et les mors où le textile est maintenu à ses dimensions initiales. Cela peut s'expliquer par la différence d'orientation des fibres en zone centrale et dans la zone de raccordement.

Une explication de cette constatation peut être tentée en considérant que les fibres du géotextile, durant le déroulement de l'essai, selon leur position dans les mâchoires de serrage, subissent une déformation plus importante sur les bords que dans l'axe de l'éprouvette (fig. 7).

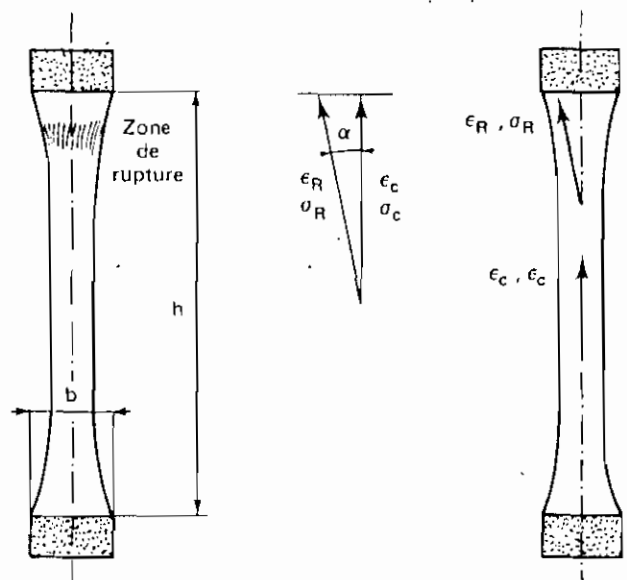


Fig. 7 - Effet de bord

Un état d'équilibre des déformations montre que :

$$\begin{aligned} v_R \cos \alpha &= v_C \\ -v_R &> v_C \end{aligned}$$

Il paraît donc logique d'observer des ruptures dans cette zone de transition.

4. — Effet de coupure

Lors d'un essai de traction sur des étoffes tissées, il est conseillé d'effilocheur les éprouvettes, c'est-à-dire de supprimer tous les fils ne traversant pas l'éprouvette de part en part (fig. 8)

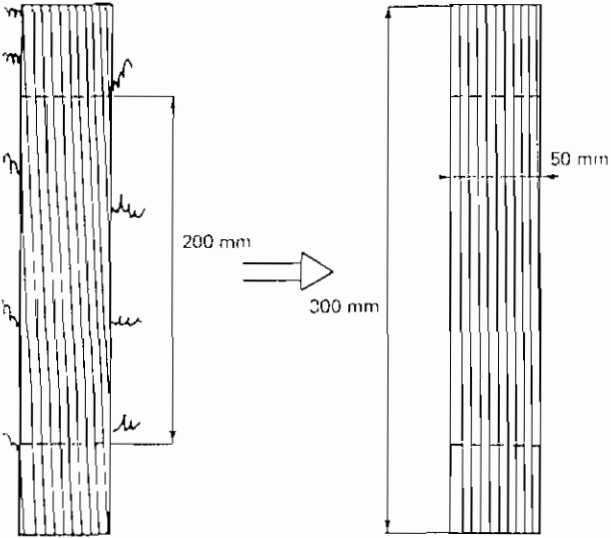


Fig. 8 - Effilochage des éprouvettes.

Cette opération a pour but de rendre l'axe de l'éprouvette en coïncidence à l'axe des fils. Tous les fils « longitudinaux » de l'éprouvette participent ainsi à la reprise de l'effort. La situation est tout à fait différente pour le non-tissé (fig. 9). Les fibres étant dispersées de manière aléatoire, une découpe d'éprouvette aura pour effet de sectionner un grand nombre de filaments. Le nombre de fils résistants et sectionnés sera d'autant plus important que la largeur de l'éprouvette est faible.

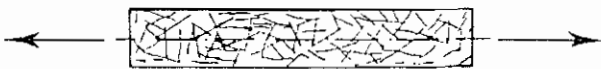


Fig. 9 - Dispersion des filaments dans une éprouvette de géotextile non-tissé.

Les quatre raisons citées plus haut (hétérogénéité, striction importante, effet de bord et effet de coupure) nous ont persuadés de l'inadéquation de l'essai de traction sur bande pour des géotextiles non-tissés. C'est la raison pour laquelle l'essai de traction sur éprouvettes de grande largeur a été développé à l'Université de Liège et sa présentation fait l'objet du chapitre : « Essais de traction sur éprouvettes de grande largeur ».

— Remarque : Essai d'arrachement ou Grab-Test (AFNOR G. 07120, DIN 53858, ASTM D 1682)

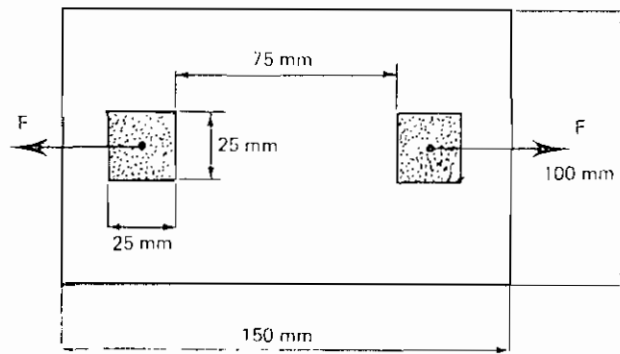


Fig. 10 - Grab-test Position des mors

Cette méthode d'origine textile a été appliquée pour simuler l'effet d'arrachement qui peut être engendré sur une étoffe. L'application de la tension au moyen de pinces de dimension inférieure à la largeur de l'éprouvette reproduit assez fidèlement sur les étoffes tissées les effets qu'elles peuvent subir (fig. 10).

Les mors se déplacent à vitesse constante. On doit cependant faire varier la vitesse de déformation de sorte que la rupture ait lieu dans un temps voisin de 30 s. On teste dix échantillons, cinq dans le sens production et cinq dans le sens travers. Dans cet essai, seule une partie de l'éprouvette participe à la reprise de l'effort. C'est une tentative de simulation où le matériau est sollicité de manière concentrée. On détermine la force effective de rupture.

Au moyen d'un quadrillage de l'éprouvette on peut constater un épanouissement du champ de contrainte entre les mors (fig. 11). Les résultats du Grab-Test sont donc dépendants des dimensions des éprouvettes et de la rigidité du matériau subissant l'épreuve. Plus l'éprouvette sera large par exemple, plus les isostatiques disposeront de « place » pour se développer et plus les contraintes locales seront faibles. La résistance d'ensemble sera donc accrue artificiellement. Si le projecteur calcule son ouvrage sur la base des résultats fournis par le Grab-Test, il s'expose à surestimer la résistance des nappes, donc à diminuer le coefficient de sécurité de son projet. Le Grab-Test est à considérer comme un test d'identification.

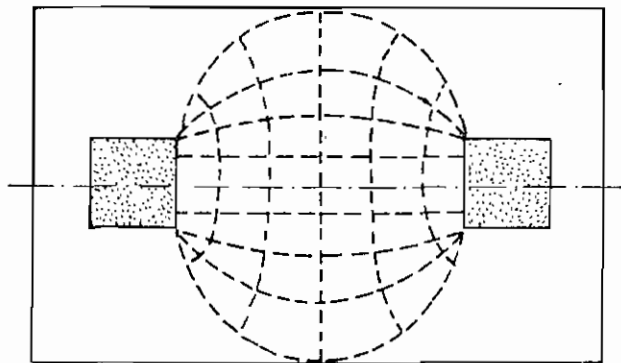


Fig. 11 - Grab-test.
Épanouissement du champ de contrainte entre les mors.

Comme on le voit sur la figure 11, on ne se trouve dans cet essai ni dans le cas de la traction dans une direction avec déformations latérales libres, ni dans le cas de la traction biaxiale avec déformation uniaxiale. Tout au plus, se trouve-t-on dans un état intermédiaire. Cet essai peut au mieux définir un ordre de grandeur de résistance.

ESSAIS DE TRACTION SUR ÉPROUVETTES DE GRANDE LARGEUR

1. — Principe de l'essai

Le principe de notre méthode est: pour une hauteur constante, si la largeur de l'éprouvette testée en traction simple augmente, le rapport entre les largeurs de l'échantillon à la fin et au début de l'essai augmente. En d'autres termes, la striction relative diminue et on se rapproche de l'état biaxial de contraintes et uniaxial de déformation.

2. — Paramètres de l'essai

Nous avons comme hauteur h des éprouvettes de traction 100 mm. La largeur b a respectivement comme valeurs: $b = 50, 100, 300, 500, 650, 800$ mm.

Le rapport $\frac{b}{h}$ prend donc les valeurs suivantes:

$$\frac{b}{h} = 0,5 - 1 - 3 - 5 - 6,5 - 8.$$

Signalons que pour l'essai sur bande (AFNOR, DIN, ASTM, EDANA) ce rapport est de 0,25.

La vitesse de déplacement est fixée à 50 mm/min de manière à garder le même taux de déformation que dans l'essai traditionnel sur bande.

- Essai faible largeur

$$\left. \begin{array}{l} h = 200 \text{ mm} \\ v = 100 \text{ mm/min} \end{array} \right\} \frac{v}{h} = 0,5 \text{ (min)}^{-1}$$

- Essai grande largeur

$$\left. \begin{array}{l} h = 100 \text{ mm} \\ v = 50 \text{ mm/min} \end{array} \right\} \frac{v}{h} = 0,5 \text{ (min)}^{-1}$$

On effectue dix essais pour chaque largeur: cinq dans le sens production, cinq dans le sens travers.

3. — Description d'un dispositif

Le dispositif d'essai est composé de deux traverses de 80 cm de longueur et d'un jeu de quatre mors de 40 cm (fig. 12 et 13).

Ces traverses sont constituées d'une tôle de 7 mm d'épaisseur renforcée de deux fers en U du type UPN 8. Elles sont pourvues d'une zone d'accrochage pour la fixation dans une machine de traction. L'ensemble a une rigidité telle

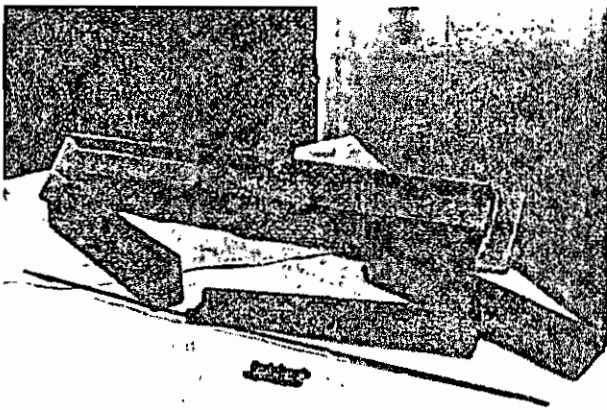


Fig 12 - Dispositif de fixation des éprouvettes grande largeur.

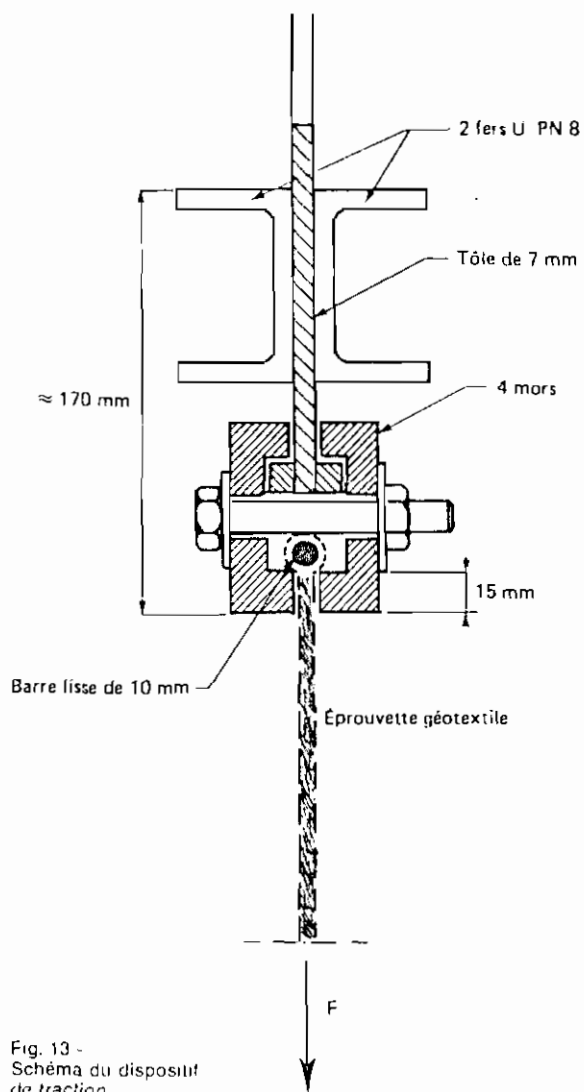


Fig. 13 - Schéma du dispositif de traction.

que les déformations en sont négligeables comparées à celles des matériaux testés. Comme on peut le remarquer (fig. 13), les éprouvettes forment une boucle dans les mors. Cette boucle est rigidifiée au moyen d'une barre lisse de 10 mm de diamètre. Au cours de l'essai, l'effort appliqué et le déplacement de la traverse sont enregistrés sur un graphique.

4. — Matériaux testés

Comme nous l'avons signalé au début, nous avons limité nos investigations à un seul matériau, présenté sous deux versions de masses surfaciques différentes. Le matériau testé est un non-tissé à base de fibres continues de Polyester de 30 microns de diamètre environ, dont les masses surfaciques sont de 150 g/m² et 270 g/m². Nous les dénommerons NT 150 et NT 270.

5. — Résultats obtenus

a) - Le tableau I donne la valeur du rapport $\frac{F_r}{M_s \times l}$ en fonction de la largeur des éprouvettes testées; où F_r est la force de rupture (daN); M_s est la masse surfacique de l'échantillon testé (g/cm²); l est la largeur de l'échantillon (cm).

Ce rapport est donné pour les essais faits dans le sens production et le sens travers. On y trouve également les valeurs des écarts-types (s) et le coefficient de variation (CV) correspondant. Enfin, la valeur moyenne est calculée. Ce tableau se rapporte au NT 150:

$$F = \frac{F_i}{M_i \times l} = f(l)$$

TABLEAU I

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	$F = \frac{F_i}{M_i \times l}$	Écart-type (da N . cm)	Coefficient de variation (%)	<i>F</i> Moyenne (da N . cm)
	(da N . cm)			
5	Sens product. 477,7	24,6	5,14	406,5
	Sens travers 335,2	37,4	11,14	
10	Sens product. 538,2	30,5	5,67	524,1
	Sens travers 484,5	33,8	6,97	
30	Sens product. 682,6	31,7	4,64	607,6
	Sens travers 532,6	31,0	5,82	
50	Sens product. 671,8	30,4	4,52	618,0
	Sens travers 564,2	16,2	2,87	
65	Sens product. 665,5	19,1	2,87	590,7
	Sens travers 515,8	39,3	7,62	
80	Sens product. 654,7	13,9	2,12	599,8
	Sens travers 544,9	17,3	3,17	

c) - Le tableau III donne les modules (*E*) pour chaque direction d'essai ainsi que les écarts-types(*s*), coefficient de variation et moyenne générale correspondante pour NT 150:

$$\text{Module } E = f(l)$$

TABLEAU III

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	Module <i>E</i> (daN/cm)	Écart-type (daN/cm)	Coefficient de variation (%)	Module <i>E</i> Moyenne (daN/cm)
5	Sens product. 13,62	0,59	4,36	11,56
	Sens travers 9,49	1,83	19,28	
10	Sens product. 15,55	1,88	12,06	14,01
	Sens travers 12,47	1,08	8,65	
30	Sens product. 17,86	1,97	11,02	15,20
	Sens travers 14,47	1,32	9,14	
50	Sens product. 20,79	1,00	4,80	18,47
	Sens travers 16,15	2,22	13,73	
65	Sens product. 20,67	1,00	4,84	17,75
	Sens travers 14,83	1,39	9,39	
80	Sens product. 22,01	1,47	6,67	18,72
	Sens travers 15,43	0,57	3,67	

d) - Tableau IV: idem pour le NT 270:

$$\text{Module } E = f(l)$$

TABLEAU IV

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	Module <i>E</i> (daN/cm)	Écart-type (daN/cm)	Coefficient de variation (%)	Module <i>E</i> Moyenne (daN/cm)
5	Sens product. 31,99	2,34	7,33	28,26
	Sens travers 24,52	1,68	6,87	
10	Sens product. 36,46	1,74	4,79	30,59
	Sens travers 24,72	1,36	5,50	
30	Sens product. 39,15	1,72	4,38	33,89
	Sens travers 28,62	0,59	2,07	
50	Sens product. 42,77	1,43	3,36	39,53
	Sens travers 36,29	1,32	3,64	
65	Sens product. 42,63	1,18	2,78	39,75
	Sens travers 36,86	1,33	3,60	
80	Sens product. 40,24	1,75	4,35	39,30
	Sens travers 38,36	3,27	8,52	

e) - Le tableau II donne les mêmes résultats pour NT 270:

$$F = \frac{F_i}{M_i \times l} = f(l)$$

TABLEAU II

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	$F = \frac{F_i}{M_i \times l}$	Écart-type (da N . cm)	Coefficient de variation (%)	<i>F</i> Moyenne (da N . cm)
	(da N . cm)			
5	Sens product. 644,6	27,3	4,24	595,1
	Sens travers 545,6	52,0	9,53	
10	Sens product. 682,1	32,8	4,81	642,6
	Sens travers 603,1	18,8	3,12	
30	Sens product. 747,1	33,8	4,53	711,3
	Sens travers 675,4	28,2	4,18	
50	Sens product. 747,8	17,4	2,33	721,9
	Sens travers 695,9	14,6	2,10	
65	Sens product. 762,0	23,8	3,13	736,9
	Sens travers 711,8	15,7	2,21	
80	Sens product. 761,8	20,1	2,63	722,2
	Sens travers 682,6	17,0	2,50	

e) - Le tableau V donne les valeurs du rapport entre la largeur finale de l'éprouvette (*B*) (mesure à mi-hauteur) et cette même dimension avant essai (*B*₀). Ces valeurs sont relatives à NT 150:

$$b = \frac{B}{B_0} \quad b = f(l)$$

TABLEAU V

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	$b = \frac{B}{B_0}$	Ecart-type (—)	Coefficient de variation (%)	<i>b</i> Moyenne (—)
	(—)			
5	Sens product.	0,15	15,03	0,14
	Sens Travers	0,13	20,16	
30	Sens product.	0,39	0,028	0,33
	Sens travers	0,27	12,53	
50	Sens product.	0,81	1,03	0,78
	Sens travers	0,74	2,82	
65	Sens product.	0,89	0,94	0,87
	Sens travers	0,84	1,00	
80	Sens product.	0,91	0,90	0,90
	Sens travers	0,88	1,02	
80	Sens product.	0,92	0,58	0,91
	Sens travers	0,90	0,83	

f) - Tableau VI—NT 270:

$$b = \frac{B}{B_0} \quad b = f(l)$$

TABLEAU VI

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	$b = \frac{B}{B_0}$	Ecart-type (—)	Coefficient de variation (%)	<i>b</i> Moyenne (—)
	(—)			
5	Sens product.	0,20	10,60	0,19
	Sens travers	0,18	6,19	
10	Sens product.	0,47	5,48	0,43
	Sens travers	0,39	9,44	
30	Sens product.	0,79	0,69	0,77
	Sens travers	0,75	0,59	
50	Sens product.	0,89	0,62	0,87
	Sens travers	0,86	0,97	
65	Sens product.	0,87	0,79	0,88
	Sens travers	0,89	0,94	
80	Sens product.	0,92	0,69	0,91
	Sens travers	0,91	0,55	

TABLEAU VII

Largeur d'éprouvette <i>l</i> (cm)	NT 150			NT 270		
	J	M	C	J	M	C
5	100	0	0	100	0	0
10	55	0	45	100	0	0
30	0	10	90	64	7	29
50	0	10	90	25	25	50
65	10	10	80	0	9	91
80	0	5	95	5	20	75

Localisation de la zone de rupture des échantillons testés.

g) - Le tableau VII dénombre les différents modes de rupture des éprouvettes et leur occurrence. Comme mentionné plus haut, la rupture (fig. 14) peut survenir dans les mors (M), dans la zone centrale de l'éprouvette (C) ou dans la zone de jonction entre les deux (J).

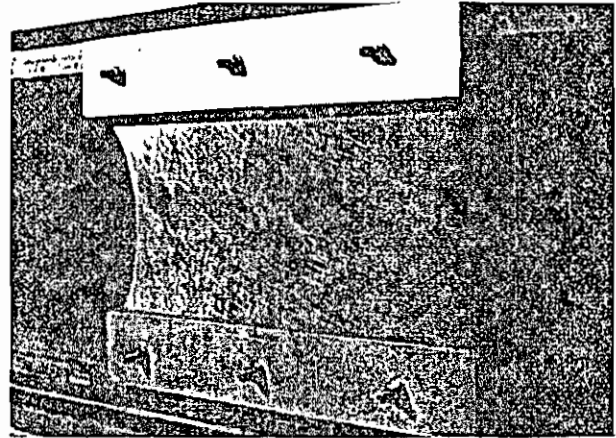


Fig 14 - Localisation de la zone de rupture dans les éprouvettes grande largeur

EXAMEN DES RESULTATS OBTENUS

1. — Allure de la courbe contrainte-déformation

La figure 15 montre l'allure des courbes obtenues. Ces dernières montrent que globalement la loi de Hooke est applicable dans le domaine que nous venons de traiter. La zone I correspond à la mise en place de l'éprouvette. Dans la zone II les fibres orientées sont sollicitées. Finalement, dans la zone III la rupture se produit.

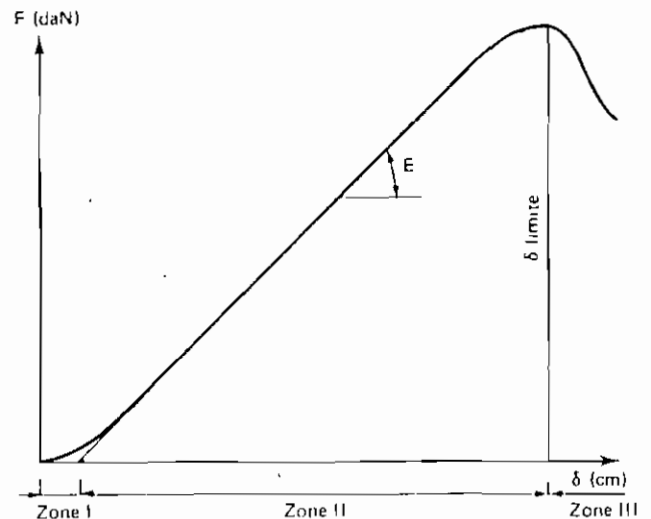


Fig 15 - Courbe contrainte-déformation.

2. — Striction (b)

$$b = \frac{B}{B_0} \quad b = f(l)$$

Pour une largeur d'éprouvette de 5 cm le rapport b est voisin de 0,2. Il croît rapidement lorsque la largeur augmente pour se stabiliser à 0,92 si l'éprouvette possède une largeur de 65 cm.

Cela reste valable si $h = 10$ cm.

Dans l'hypothèse où h varie en croissant on peut supposer, pour un même matériau, que :

$$\frac{B_0 - B}{h} = k$$

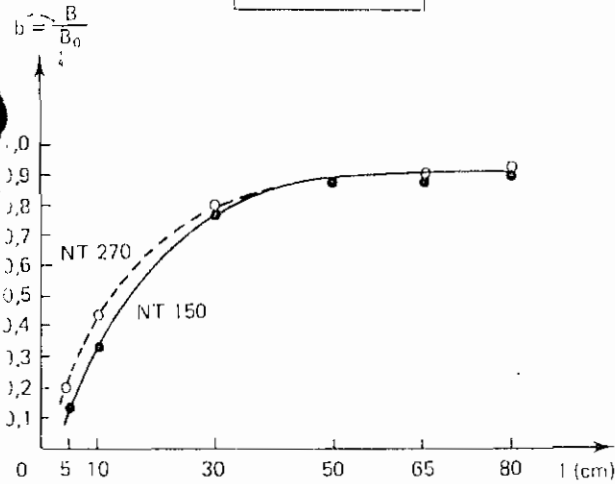


Fig 16 - Evolution de la striction en fonction de la largeur de l'éprouvette.

3. — Force de rupture corrigée (F)

$$F = \frac{F_r}{M_s \times l} = J(l)$$

Le facteur de résistance s'exprime par le rapport entre la force de rupture, la masse surfacique et la largeur de l'éprouvette. Cet artifice a été employé de manière à minimiser les coefficients de variation du résultat

On remarque :

— Un accroissement de J important selon que la mesure de traction est effectuée sur bande de 5 ou de 80 cm, et cela quelle que soit la qualité du matériau soumis à l'épreuve.

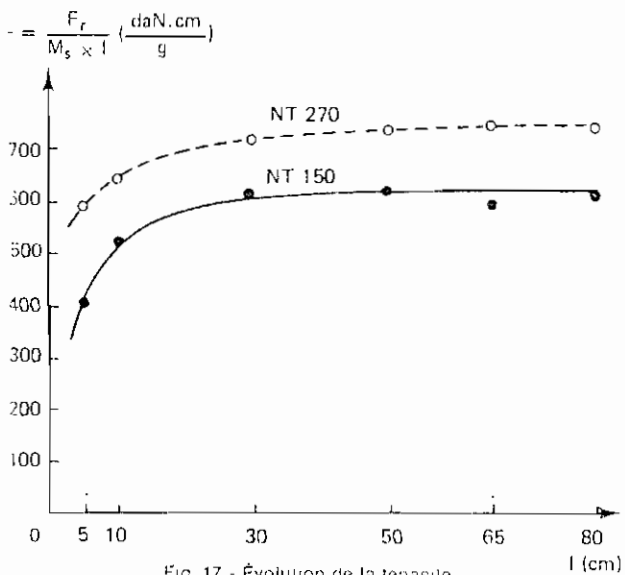


Fig. 17 - Evolution de la ténacité en fonction de la largeur des éprouvettes.

— Une sensibilité plus grande du matériau NT 150 à cette variation qui peut être expliquée par une action plus directe de l'effet de coupe (cf. § - Effet de coupe -) sur la quantité de filaments, la quantité de filaments étant fonction de la masse surfacique du géotextile.

4. — Module (E)

$$E = f(l)$$

(tableaux III, IV et fig. 18).

Une évolution comparable à celle du facteur de résistance est observée

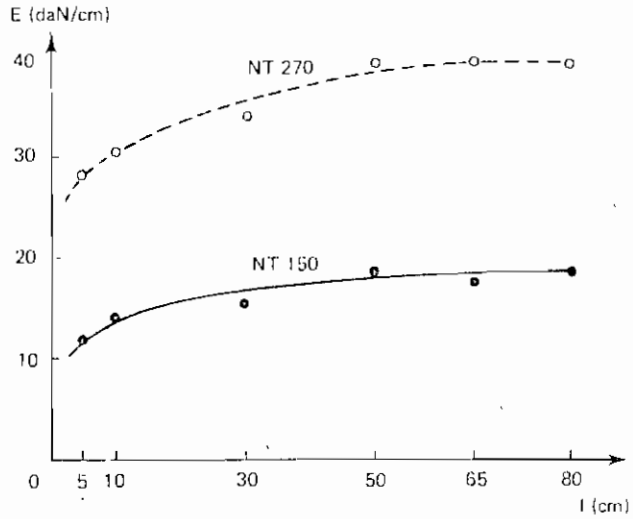


Fig 18 - Evolution du module en fonction de la largeur des éprouvettes

5. — Localisation des zones de rupture (tableau VII)

Pour les faibles valeurs de la largeur (l), les ruptures se produisent dans la zone de raccord entre le centre de l'éprouvette et les mors. Au fur et à mesure que la largeur augmente, le nombre de ruptures en zone centrale augmente. C'est un résultat important. Cela constitue une amélioration notable par rapport au test sur bande, où la rupture intervient dans 95 % des cas dans la zone de raccordement, c'est-à-dire au mors.

CONCLUSION

Le comportement et les mécanismes de fonctionnement en place des géotextiles utilisés comme renforcement d'un massif est l'état plan de déformation.

Les essais en traction les plus classiques et les plus usités à ce jour pour les géotextiles non-tissés ne conviennent généralement pas. Il est rare que les résultats produits par une méthode classique puissent directement être intégrés dans un calcul de dimensionnement d'ouvrage.

Aussi dans la première partie de cette communication avons-nous montré que des erreurs d'interprétation pouvaient être commises, sur tout par l'utilisation de méthodes d'essai sur bande de faible largeur (5 cm) ou type Grab-Test.

Nous proposons donc une méthode qui n'est pas parfaite sur le plan théorique, mais qui approche de manière simple un état bidirectionnel plan de déformations et de contraintes.

La méthode consiste en la sollicitation d'une éprouvette de géotextile dont les dimensions [largeur (l) hauteur (h)] sont telles que le rapport $\frac{b}{h} = 8$.

Par cet artifice, la striction moyenne de l'éprouvette est de l'ordre de 8 % alors qu'elle voisine 80 % pour des éprouvettes d'échelle comparable dont $\frac{b}{h} = 0.5$.

On note que la ténacité intrinsèque du géotextile augmente et atteint un palier lorsque la géométrie de l'éprouvette remplit les conditions suivantes $\frac{b}{h} \geq 6.5$.

Enfin, les comparaisons établies entre la méthode de traction sur bande large et la méthode de traction sur manchon dilatable (Laboratoire de Saint-Brieuc) montrent une bonne convergence dans les résultats.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Colloq. int. sur l'emploi des textiles en géotechnique, association ing. anc. élèves, ENPC, Paris, 1977.

Matières plastiques et caoutchouc dans l'étanchéité des constructions du génie civil, Symposium int. RILEM, ICP, Liège, 1977.

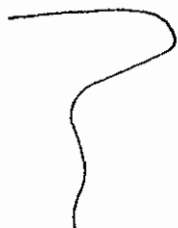
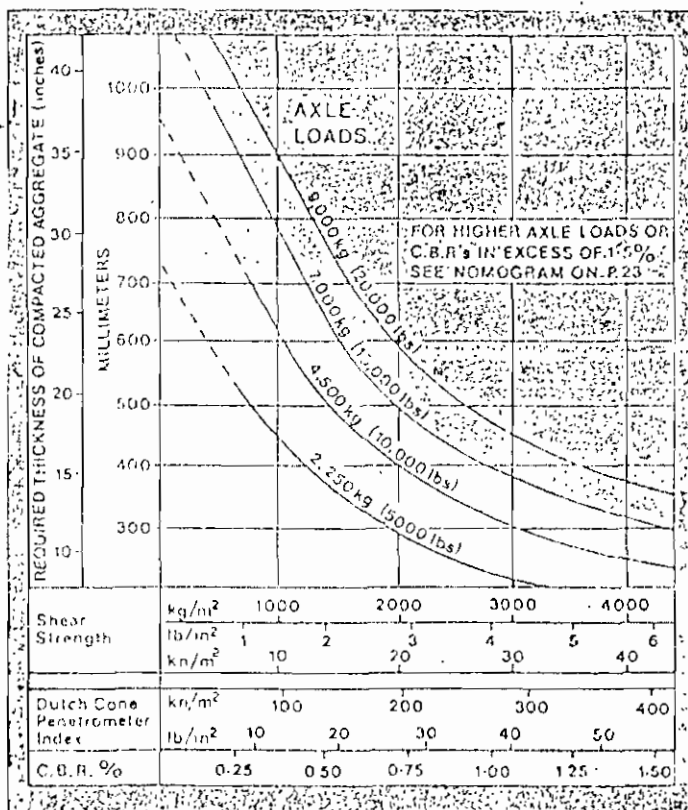
GIROUD J.-P., PERIETTI J., *Essais de traction sur les géotextiles. Analyses et commentaires*, 1^{er} Convegno nazionale Tessili e terreni Pomezia, Roma, 1978.

RIGO J.-M., Corrélation entre la résistance au poinçonnement sur ballast et les caractéristiques mécaniques des membranes d'étanchéité. Considérations sur leurs modes de ruine, *Matériaux et constructions*, sept.-oct. 1978.

LEPTAVE E., PUG J., L'emploi des textiles dans les travaux de terrassement et de drainage, *Bull. liaison Labo. P. et Ch.*, 69, janv.-févr. 1974, p. 61-79.

ANNEXE 3

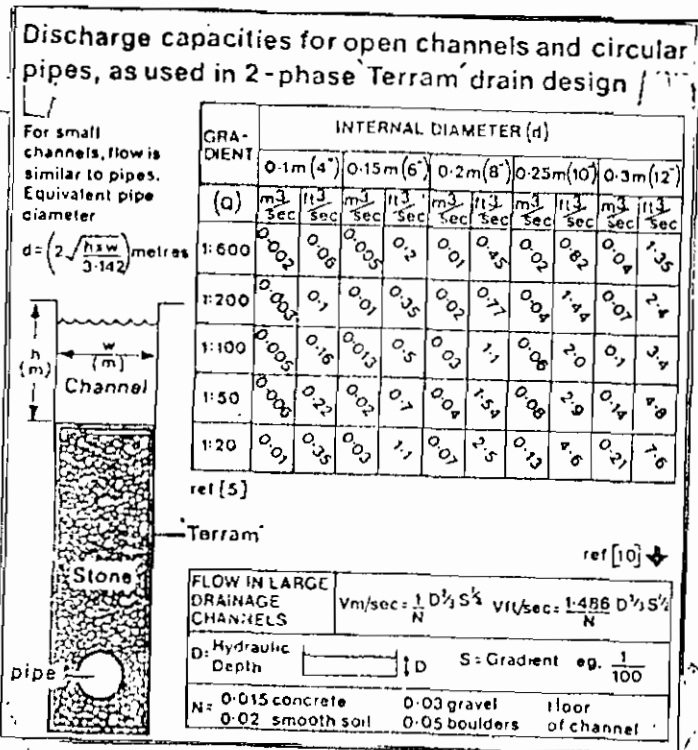
La détermination de la couche de remblai pose de nombreux problèmes. Une grande part lui a été réservée dans le cours du projet. Le diagramme suivant se passe de commentaires et constitue une ébauche très sûre du problème.



ANNEXE 4

La conception de systèmes de drainage efficace s'avère nécessaire dans bien des cas. Leur efficacité dépend de leurs résistances au colmatage. C'est cela d'ailleurs qui justifie l'utilisation de géotextiles.

Le diagramme suivant permet de déterminer le diamètre intérieur du tube perforé du drain. Ce diamètre est déterminé en fonction de la quantité d'eau à drainer et de la pente du terrain. Ce diagramme contient en lui-même toutes les informations nécessaires quand à sa compréhension.



Un autre diagramme permet de déterminer pour un drain de .6m x 1 m, les dimensions des agrégats et leurs perméabilités en fonction du débit à drainer. Le débit est à la fois proportionnel à la section du drain et à la pente du terrain. Ainsi, si on double la section du drain, on double aussi la capacité drainante et cela est valable aussi pour la pente. (FIG: PAGE PRECEDENTE)

Discharge capacities of a 1m x 0.6m (3ft x 2ft) cross section stone filled drain for gradient 1: 100

STONE SIZE		PERMEABILITY		CAPACITY (Q)		
mm	ins	m/sec	ft/day	m ³ /sec	ft ³ /sec	gpm
19-25	¾ - 1	0.8	120,000	0.002	0.083	38
9-12	¾ - ½	0.2	30,000	0.0006	0.020	9
6-9	¼ - ⅜	0.04	6,000	0.0001	0.004	2

CAPACITY IS PROPORTIONAL TO BOTH CROSS-SECTION AND GRADIENT i.e. TWICE THE ABOVE AREA MEANS TWICE THE ABOVE CAPACITY. ALSO, ONE THIRD THE GRADIENT WOULD GIVE ONE THIRD OF THE CAPACITY

La quantité Q que chaque drain peut entraîner s'écrit:

$Q = S L P$

S = espacement des drains
 L = longueur des drains
 P = précipitation maximale de design

Dépendamment de l'importance de la quantité d'eau à drainer, on peut être amené à concevoir plusieurs drains longitudinaux suivant ce diagramme-ci

SOIL TYPE	Permeability k m/sec	Sub-Drain Spacing S (metres) for Various Depths of Trench		
		d=1.0m	d=1.3m	d=1.6m
Organic Clay	3.0×10^{-7}	5m	6m	8m
Silt	5.0×10^{-8}	18m	25m	30m
Sandy Silt	3.0×10^{-5}	47m	62m	77m
Silty Sand	7.0×10^{-5}	67m	88m	109m

After Armco handbook [17]

Dans certains cas, comme par exemple les terrains de sport, le ruissellement n'est pas permis. Dans ces conditions, on conçoit une couche drainante superficielle dont l'épaisseur t est donnée par la formule :

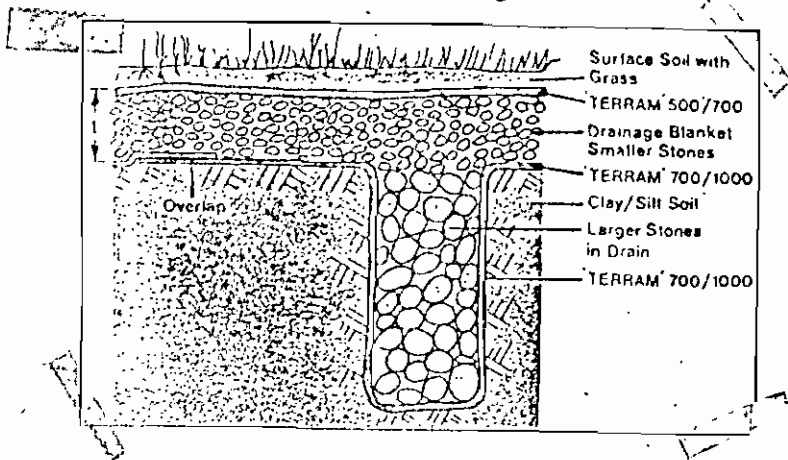
$$t = \frac{S}{2} \sqrt{\frac{P}{K}}$$

P = précipitation maximale de design m/s

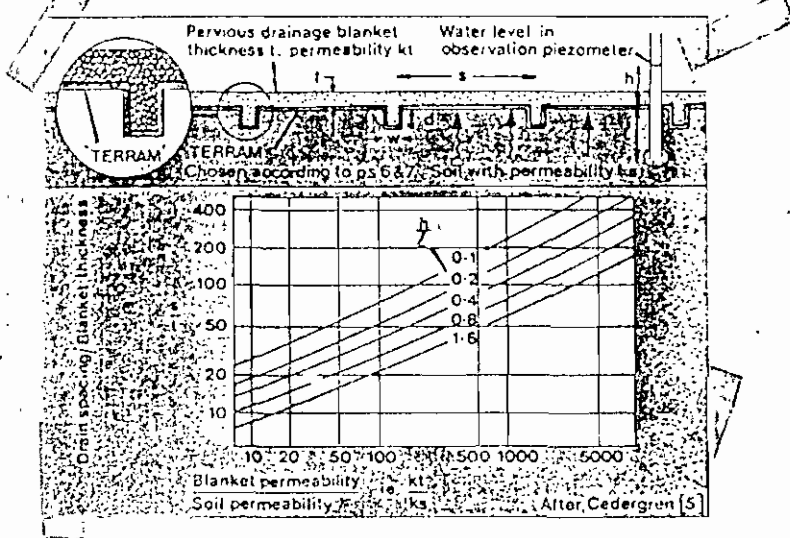
S = espacement des drains (m)

K = perméabilité des agrégats choisis

La disposition du drain se fait suivant la figure d'en bas.



Dans le cas de remontée de la nappe phréatique, tous les paramètres permettant la conception du drain peuvent se déterminer sur la figure ci-dessous :



P

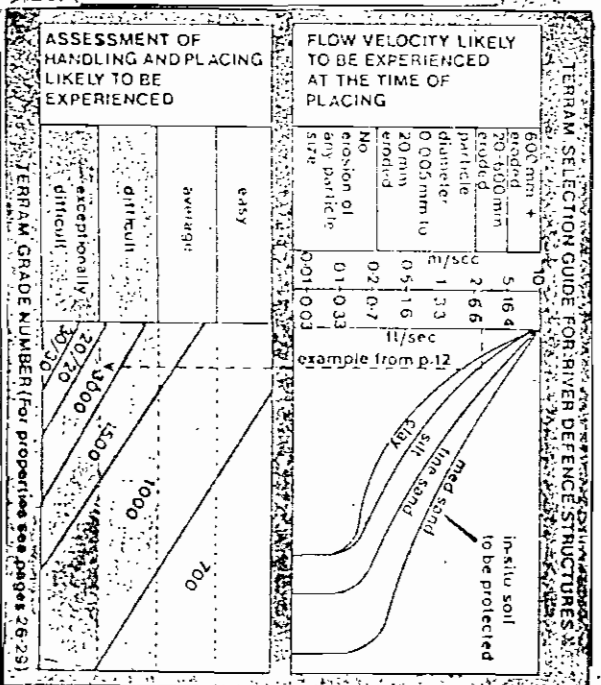
ANNEXES

PROBLEME : Concerner la protection des rivières d'une rivière s'écoulant sur du silt et dont la vitesse d'écoulement est de 2.14 m s^{-1}

Les dimensions des blocs en contact avec l'eau sont données par le diamètre de la poutre 76 du projet. Sur ce diagramme, on s'aperçoit qu'il y a des blocs de 20 kg ayant un diamètre de 240 mm. On mettra 2 couches de blocs pour être sûr.

En dessous de ces blocs, on mettra une couche de filte granulaire d'épaisseur égale au diamètre de plus gros bloc c'est à dire 240 mm.

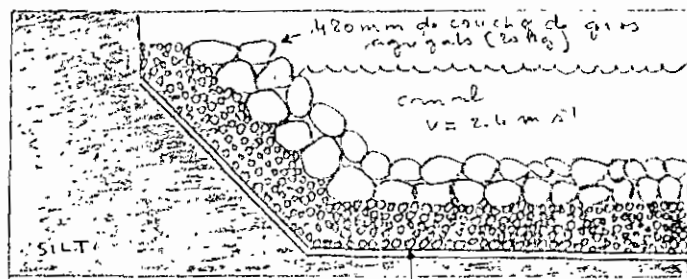
Une godaillière sera utilisée pour protéger le système de filte. Le choix de godaillière peut se faire à partir du diagramme suivant :



L'attribution du terram 3000 est assez satisfaisante. De même, l'in-

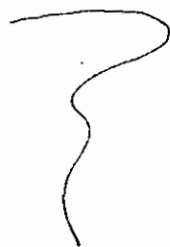
stallation de godaillères ayant la même caractéristique que le terram 1000 permet d'avoir une satisfaction.

conclusion : voir page suivante.



une couche de filtres de 240mm

TEKRAM 3000



BIBLIOGRAPHIE

J. KOVACS - LES TEXTILES NON TISSES, EDITION EYROLLES, EDITEURS MASSON ET CIE, 1972

COLLECTION DE L'A.N.R.T (ASSOCIATION NATIONALE DE RECHERCHE TECHNIQUE.)

- LES NON TISSES, EDITEURS EYROLLES ET GAUTHIER VILLARS, 1970

JEAN VENE - LES CAOUTCHOUCS ET TEXTILES SYNTHETIQUES, COLLECTION QUE SAIS-JE, 1967

M. BOURDILLON - UTILISATION DES TEXTILES NON TISSES POUR LE DRAINAGE ET APPLICATIONS AUX REMBLAIS DE SOLS FINS EN COURS DE CONSOLIDATION, RAPPORT DE RECHERCHE N° 54, 24 OCTOBRE 1975.

REVUE GENERALE AFRICAINE DE L'INDUSTRIE DES MINES ET DES TRAVAUX PUBLICS N° 18, 1978

- LE ROLE DES NON-TISSES DANS LES TRAVAUX PUBLICS ET LE BATIMENT

ETIENNE LEFLAIVE - NOUVELLE APPROCHE DE LA MESURE DE LA MESURE DE LA RESISTANCE EN TRACTION DES GEOTEXTILES NON-TISSES, JUIN 1980

JACQUE COTE - ECONOMISER AVEC LES GEOTEXTILES, 36^{ème}
 CONGRES DE L'ACRGTQ, QUEBEC, 1979

E.C. RUDDOCK, B.A.M.A.I.M.S.C (ENG) M.I.C.E

- FABRICS AND MESHES IN ROADS AND OTHER
 PAVEMENTS: A STATE-OF-THE-ART REVIEW,
 EDITION CONSTRUCTION INDUSTRY, RESEARCH
 AND INFORMATION ASSOCIATION 6 STOREY'S
 GATE, LONDON SWLP 3 AU TEL 01-839-6881

A.K. BARSWARY, P. ENG. - CONFERENCE ON TEXTILES IN CIVIL
 ENGINEERING, MATERIALS INFORMATION NO. 2,
 MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICA-
 TION, ONTARIO

BERT SNA PHAAN - EROSION CONTROL AND SOIL STABILISATION
 NICOLON GEOTECH INC, TECHNICAL HAND-
 BOOK.

JESSBERGER H.L : EHRSTUHL FÜR GRUNDBAU AND BODENME-
 CHANIK RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM - BRD
 - ROAD BEARING BEHAVIOUR OF A GRAVEL
 SUBBASE - NON WOVEN FABRIC - SOFT SUBGRADE
 SYSTEM, COLLOQUE INTERNATIONAL DE
 PARIS SUR L'EMPLOI DES GEOTEXTILES
 EN GEOTECHNIQUE, 1977.

COLLOQUE INTERNATIONAL DE PARIS SUR
L'EMPLOI DES GEOTEXTILES EN GEOTECHNIQUE

VOLMAN W : KONINKLIJKE WEGENBOUW STEVIN UTRECHT, N.L

KREKTL. ENKA GLANZSTOFF ARNHEM, N.L

RESSEEUW P. ALEGO RECHERCH LABORATORIES ARNHEM, N.L

- ARMATURE DE TRACTION EN TEXTILE, UN NOUVEAU
PROCEDE POUR AMELIORER LA STABILITE DES GRANDS
REMBLAIS SUR SOLS MOUS

CHRISTIE I.F AND ELHADI K.M UNIVERSITY OF EDINBURGH, SCOTLAND

- QUELQUES ASPECTS DE LA CONCEPTION DES BARRAGES
ENTERRE, ARMEES DE TEXTILE

BROMS B.B, DEPARTMENT OF SOIL AND ROCK MECHANICS, ROYAL
INSTITUTE OF TECHNOLOGY, STOCKHOLM SWEDEN

- TEXTILE POLYESTER COMME RENFORCEMENT DES
SOLS

LE FLAIVE E., LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES
PARIS, FRANCE

- LE ROLE MECANIQUE DES TEXTILES DANS LES SOLS

MAC KEANDE ICI FIBRES U.K.

- THE BEHAVIOUR OF NON-WOVEN FABRIC FILTERS
IN SUBDRAINAGE APPLICATIONS

HOOGEN DOORN AD, DELTA DIENST RIJKS WATERSTAAT N.L

VAN DER MEULENT, DELF HYDRAULICS LABORATORY N.L

- ETUDE PRELIMINAIRE SUR LE COLMATAGE DES TEXTILES SYNTHETIQUES

PAUTE J.L ET CHENE G., LABORATOIRE REGIONAL DES PONTS ET CHAUSSEES, ST BRIEUC FRANCE

- LA DISTRIBUTION DU DIAMETRE DES PORES DES NON-TISSES ET COMMENTAIRE SUR LE PHENOMENE DE COLMATAGE

LONDIERE D., CENTRE TECHNIQUE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS, FRANCE

- UTILISATION DES TEXTILES SYNTHETIQUES DANS LES BARRAGES EN TERRE

SISSONSC.R, ICI FIBRES, UK

- STRENGTH TESTING OF FABRICS FOR USE IN CIVIL ENGINEERING

SEGOVIN.M, LABORATOIRE DES PONTS ET CHAUSSEES, ST-BRIEUC FRANCE

- DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DE RESISTANCE ET DE DEFORMABILITE DES TEXTILES PAR DILATION DES MANCHONS CYLINDRIQUES □

H. TENIDL - FILTERKRITERIEN VON GEOTEXTILEN, 1979

PAPE MOR SYLLA - LES TRAVAUX DU BARRAGE ANTI-SEL DE
GUIDEL REALISES A 25%, LE SOLEIL QUOTIDIEN
NATIONAL DU SENEGAL, 22 FEVRIER 1981

LE CALCUL DES OUVRAGES EN TERRAM, ICI.
- RESUME DES TECHNIQUES ET DES DONNEES
UTILISEES POUR LE CALCUL DES STRUCTURES
SOL / TERRAM

T.A. HALIBURTON, C.C. ANGLIN AND J.D. LAWMASTER
- TESTING OF GEOTECHNICAL FABRIC FOR USE
AS REINFORCEMENT, GEOTECHNICAL TESTING
JOURNAL VOL 4, 1978

