

Remini 11/96

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT HYDRAULIQUE
PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

PIEGEAGE DES SEDIMENTS AU
MOYEN D'OBSTACLES EMERGES

Propose par :

Mr REMINI. B

Etudie par :

*Mr KHEMISSI Mrd
Mr CHIKHI KHALEB*

Dirige par :

*Mr BERKANI. M
Mr MESSELEKA. A*

PROMOTION

Juin 1996

E.N.P.10, Avenue Hacem Badi El-Harrach Alger

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة —
BIBLIOTHEQUE —
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT HYDRAULIQUE
PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

PIEGEAGE DES SEDIMENTS AU
MOYEN D'OBSTACLES EMERGES

Propose par :

Mr REMINI . B

Etudie par :

Mr KHEMISSI M^{ed}
Mr CHIKHI KHALED

Dirige par :

Mr BERKANI . M
Mr MESSELEKA . A

PROMOTION

Jun 1996

E.N.P.10, Avenue Hacem Badi El-Harrach Alger

دراسة تجهيز وقائي لمكافحة التوحد .

الملخص:

التقريب التجريبي مبني على اساس دراسة الخصائص الفيزيائية و الهيدروليكية لجرف المواد الصلبة بواسطة جريان الماء .

في هذا العمل (القسم التجريبي) تمت دراسة تأثير مجموعة من العوامل على التجهيز الوقائي المكون من حواجز بارزة للتحكم والنقاط الجزينات المترسبة داخل قناة موشورية ذات سطح حر .

تمكننا مقارنة بين مختلف النتائج من توجيه الاختيار نحو التصميم و الوضعية الاكثر فعالية و الاكثر مردودية .

SUJET

Etude d'un dispositif préventif de lutte contre l'envasement.

RESUME:

l'approche expérimentale est conçue sur la base de l'étude des propriétés physiques et hydrauliques du transport solide entraîné par l'écoulement d'eau.

Dans ce travail (partie expérimentale) l'étude est achevée sur l'influence d'un ensemble des paramètres sur le système préventif constituée par des obstacles émergés pour le contrôle et le piégeage des sédiments dans un canal prismatique à surface libre.

Une comparaison entre différents résultats, permettra l'orientation du choix vers la conception et la disposition la plus efficace et la plus rentable.

SUBJECT:

Study of an prevention dispositif for sediments control.

ABSTRACT:

Experimental approach is constructed on the base of the physic and hydraulic proprieties study of transport the solid matters by the water running.

In this work, (experimental part) included the study about group effects of the factors on prevention system wich formed by an emerged obstacles for sediments control and tropping in open prismatic channel.

The comparaisn between a divers results we permit us to oriented the choic to ward the design and adequat statut and more interest.

DEDICACES

A ma mère et mon père, à qui je dois tout.

A tout ceux qui me sont chers.

MOHAMED

DEDICACES

A la mémoire de ma grande mère.

A ma mère

A mon père

A tout ceux qui me sont chers.

KHALED

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre sincère reconnaissance à monsieur MESSELEKA.A, enseignant à l'E.N.P; pour nous avoir guidé et orienté dans notre présente étude avec compétence et bienveillance. Qu'il veuille trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous remercions vivement monsieur BERKANI.M, docteur-ingénieur et maître de conférence à l'E.N.P; pour l'intérêt qu'il a toujours manifesté vis à vis de notre étude, ainsi que pour les conseils qu'il nous a prodigué tout au long de ce travail.

Qu'il nous soit permis de remercier, chaleureusement, monsieur REMINI.B pour la serviabilité et la compréhension qu'il nous a toujours manifesté.

Que tous ceux qui nous sont chers, parents, familles et amis qui nous ont soutenus par leur présence, leur aimable aide et leurs précieux conseils, voient dans ce travail notre humble hommage à leur affection.

TABLE DES MATIERS

PARTIE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 0 : INTRODUCTION

I . position du problème.....	01
II . objectif de l'étude.....	02

CHAPITRE I : AMPLEUR DU PHENOMENE D'ENVASEMENT DES RETENUES

I . introduction.....	03
II . les conséquences du phénomène d'envasement.....	03

CHAPITRE II : MODE DE TRANSPORT ET MECANISME DE L'ENVASEMENT

ARTIE 1 : MODE DE TRANSPORT

I . introduction.....	08
II . matériaux constituent le transport solide.....	08
III . l'érosion hydraulique.....	10
IV . le transport solide.....	12
IV-1 . le debut du mouvement.....	12
IV-2 . les modes de transport solide.....	15
IV-2-1 . transport par charriage.....	16
IV-2-2 . transport par saltation.....	16
IV-2-3 . transport en suspension.....	16
IV-2-4 . séparation du charriage de la suspension.....	18
IV-3 . pavage du fond.....	19
IV-3-1 . problème physique du triage des matériaux.....	19
IV-3-2 . effet du pavage sur la rugosité du fond.....	20

PARTIE 2 : MECANISME DE L'ENVASEMENT

I . introduction.....	21
II . apports solides aux retenues.....	21
II-1 . comportement des sédiments grossiers.....	22
II-2 . comportement des sédiments fins.....	22
III . différents modes d'envasement.....	26
III-1 . retenue envasée par " courants de densité ".....	26
III-2 . retenue envasée par charriage des particules grossiers et decantations des particules fines.....	27
III-3 . retenue envasée par rouleaux de recirculation.....	29
IV . influence des différentes caractéristiques de la retenue sur l'envasement.....	29
V . conclusion.....	31

CHAPITRE III : MOYEN DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT DES RETENUES

I . introduction.....	32
II . méthode de lutte contre la sédimentation.....	32
II-1 . la prévention.....	33
II-1-1 . traitement du bassin versant et du lit majeur.....	33
II-1-2 . évacuation des sédiments par l'utilisation des prises de fond.....	34
II-2 . le dévasement.....	35
II-2-1 . le dévasement par moyens mécaniques.....	35
II-2-2 . les chasses.....	35
II-2-3 . pièges à sédiments.....	36
III . conclusion.....	38

CHAPITRE IV : AMENAGEMENT DES COURS D'EAU

I . principes de l'aménagement des cours d'eau.....	39
II . travaux d'aménagement.....	39
II-1 . amélioration de l'écoulement.....	39
II-2 . suppression d'une partie du débit par dérivation.....	40
II-3 . étalement de l'écoulement par emmagasinement.....	40
III . ouvrages d'aménagement.....	41
III-1 . choix des matériaux.....	41
III-2 . les digues.....	41
III-3 . les épis.....	42
III-4 . comparaison des digues et épis.....	44

III-5 . seuils de fonds.....	45
III-6 . fixation du lit par pavage.....	45
III-7 . barrage d'un faux bras.....	46
III-8 . bandalling.....	47
III-9 . panneaux de fond.....	48

PARTIE 2 : METHODE PROPOSEE

CHAPITRE V : ETUDE EXPERIMENTALE

I . introduction.....	49
II . modèle expèrimental.....	50
III . la réalisation du modèle expèrimental.....	53
IV . technique expèrimentale.....	54
V . protocole de mesure.....	56
VI . différentes variantes de disposition qui ont été étudiées.....	57
VII . description du phénomène de tourbillon.....	59

CHAPITRE VI : ANALYSE ET INTERPRETATION

I . introduction.....	60
II . description et analyse expèrimentale.....	60
III . première sèrie d'essai (grands obstacles).....	62
III-1 . analyse qualitative.....	62
III-2 . analyse quantitative.....	63
IV . deuxième sèrie d'essai(moyens obstacles).....	70
IV-1 . analyse qualitative.....	70
IV-2 . analyse quantitative.....	71
V . troisième sèrie d'essai(petits obstacles).....	78
V-1 . analyse qualitative.....	78
V-2 . analyse quantitative.....	79
VI . comparaison entre différentes sèries d'essais.....	87
VII . conclusion général.....	88

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PARTIE 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 0

INTRODUCTION

I / POSITION DU PROBLEME:

La plupart des barrages Algériens révèlent des taux d'envasement importants. cela est dû en grande partie à un mépris total du phénomène d'érosion hydrique. qui est un phénomène complexe très répandu en zone méditerranéenne, touchant particulièrement les pays du MAGHREB dont il menace gravement les potentialités en eau et en sol.

En Algérie septentrionale, les conditions physiques, géomorphologiques, hydroclimatiques et socioéconomiques sont particulièrement favorables au déclenchement et à l'accélération du phénomène.

Ce phénomène d'érosion est par conséquent, la cause principale de la réduction de la capacité des réservoirs de notre pays, en effet, toutes les retenues créées par des barrages sur des cours d'eau naturels sont plus ou moins exposées à des apports solides. au fur et à mesure que les sédiments se déposent, la capacité de la retenue se réduit.

Dans la conception de la majorité des barrages établis on a rarement prévu des méthodes de lutte préventive, mais seulement des méthodes curatives. il est pourtant évident que l'extraction des vases ne peut être qu'un pis-aller; ce n'est qu'une solution permettant de maintenir le statquo.

Par voie de conséquence, une compréhension des problèmes complexes d'alluvionnements se posant aux stades de l'étude et de l'exploitation des barrages et les retenues s'avère vitale.

II / OBJECTIF DE L'ETUDE:

L'objectif de cette étude est d'améliorer la compréhension du phénomène d'envasement des retenues, et mettre au point des outils simples et pratiques au niveau des cours d'eau, permettant la lutte contre ces envasements, ainsi une procédure est développée pour la conception d'un système d'obstacles émergés pour le contrôle et le piégeage des sédiments dans un canal à surface libre; une étude expérimentale qui fait varier une série de paramètres influencent le phénomène crée par les obstacles (formation du tourbillon), mettre à notre disposition un outil (instrument) efficace et rentable qui permettra l'orientation, la conception et la réalisation du dispositif dans une échelle grandeur nature.

CHAPITRE I

AMPLEUR DU PHENOMENE D'ENVASEMENT DES RETENUES

I / INTRODUCTION :

Le taux d'érosion spécifique atteint en algérie les valeurs les plus importantes d'afrigue du Nord. dépassant 2000 T / Km² /an sur la plupart des bassins versant de l'atlas tellien (RHIOU, SLY , FOODA, MAZAFRAN, ISSER , SOUMMAM.....) il atteint 4000 T / Km² /an sur la chaine des cotiers DAHRA.

La quantité moyenne annuelle du sol érodé en algérie est environ de 180 millions de tonnes. L'intensité du phénomène se manifeste essentiellement en période de crue. c'est ainsi que les fortes crues de mars 1974 d'une durée de trois jours, ont drainé 30 millions de tonnes de sédiments dans la région du bassin versant cotiers algéroise.

C'est ainsi que le transport solide est responsable de phénomènes de très grande ampleur en milieu naturel et sur les interventions hummaines que sont constructions de tout aménagement hydraulique. C'est pour cela que la construction d'un barrage sur un cours d'eau naturel, créant une retenues peut conduire à la problèmes d'alluvionnement très complexes.

Une quantité importante de ces sédiments est transportée progressivement à travers le reseau hydrographique jusqu'au retenues. Ces matériaux sont piégés dans les eaux calmes de ces dernières qu'elle comblent avec le temps.

A terme, cela pose de graves problèmes pour le maintièn et la préservation du potentièl hydraulique mobilisé à un prix de revient élevé.

II / LES CONSEQUENCES DU PHENOMENE D'ENVASEMENT :

Laissées à leur cours naturel , les rivières transportent progressivement, jusqu'a la mer, des quantités importantes des sédiments arrachés aux versant par ruissellement des eaux de pluie.

En aménageant ces cours d'eau par la construction des barrages, on modifié le transit naturel de ces sédiments qui sont piégés dans les eaux calmes des retenues, ce phénomène connu sous le nom "envasement des retenues" est, sans aucun doute, la conséquence la plus dramatique de l'érosion des bassins versants et c'est aussi la cause principale de la réduction de la capacité des réservoirs de notre pays, où l'eau, de part son insuffisance et sa mauvaise répartition, constitue un facteur limitant notre développement économique.

Les principaux facteurs dont dépend l'alluvionnement des retenues, à savoir les apports solides, le temps de retention de ces s'apports, la densité des dépôts, le volume des sédiments déposés et la forme prévue de ces dépôts, réduisent la capacité de stockage disponible et affectent la durée de vie de la retenue.

Ce qui pose un problème supplémentaire aux ingénieurs chargés des approvisionnements en eau, qui comptent sur la capacité des réservoirs pour la stoker pendant le cycle pluviométrique annuel.

Aussi ce problème a des effets appréciables sur la rentabilité des schémas d'aménagement proposés . en effet , des eaux très chargées en matériaux solides compromettent le bon fonctionnement des prises d'eau, des réseaux d'irrigationn, des ouvrages hydro-électriques.....

Il est intéressant de noter que, chaque année , l'infrastructure hydraulique Algerienne, est amputée d'une capacité estimée à 20 millions de m³ . ce que correspond à la capacité d'un barrage tel que celui de FERGOUG (ouest Algerien) . à titre d'exemple la capacité des rétenues Algeriennes est tombée durant la période de 1940 à 1980 de 1160 à 560 millions de m³ . par exemple , le barrage de GHRIB dont la capacité initiale était de 280 millions de m³ en 1939 s'est retrouvée à 150 millions de m³ en 1977 et seulement 120 millions de m³ en 1980.

Les tableaux ci-après donne un aperçu sur le taux d'abrasion pour quelques barrages Algériens.

En fait, la majorité des barrages Algériens ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'années. on note au passage que la durée de vie d'un barrage est la période durant laquelle sa capacité, et supérieur à 50 % de la capacité initiale.

Il est rare cependant, que l'on puisse admettre à l'issue d'une période aussi courte, l'abandon d'un aménagement hydraulique particulièrement lorsqu'il sagit des réservoirs destinés à l'alimentation en eau potable ou à l'irrigation, dont les intérêts socio-économiques justifient une grande de service illimitée.

Ainsi, une prévision de l'état futur des retenues s'avère indispensable pour faire face à ce phénomène.

Tableau n° 1.I : Taux d'abrasion pour quelques barrages Algériens.

Nom du Barrage	date de mise en service	Oued	m3/Km ² /an
ZARDEZASS	1977	SAF-SAF	1,825
GHRIB	1939	CHELEF	129
OUED FODDA	1932	FODDA	2,233
IGHIL EMDA	1954	AGIOUN	2,558
FOUM EL GHERZA	1950	EL ABIOD	454
S.M.B.A (*)	1978	MINA	160,41
BOUHANIFIA	1944	HAMMAM	118
B.BAHDAL	1944	TAFNA	106
MEFROUCH	1940	MEFROUCH	205

(*) : SIDI MOHAMED BEN AOUDA

TABLEAU N° 2 BILAN D'ENVASEMENT DES BARRAGES ALGERIENS.

BARRAGES	ANNEE DE MISE EN EAU	CAPACITE INITIALE hm3	CAPACITE 1986 hm3	VOLUME ENVASE hm3	TAUX ENVASE %	APPORTS MOYENS ANNUELS hm3	BASSIN VERSANT km2	ENVASE (E) hm3	ENVASE (C) hm3	ENVASE 1990 hm3	ENVASE 2010 hm3
BENI-BAHDEL	1940	63	56,5	6,5	10	73,8	1016	0,2	0,22	7,38	11,78
MEFROUCHE	1963 - 5	15	14,6	0,4	2	16	264	0,12	0,017	0,4	0,74
SARNO	1954	22	21,3	0,7	3	12	264	0,12	0,021	0,7	1,12
BOUHANIFIA	1944	73	51,6	21,4	29,3	138,8	7850	0,78	0,58	23,72	35,32
FERGOUG	1871(1970)	18	3,9	14,1	78,3	56	420	1,50	0,83	14,1	30,70
OUIZERT	1986	100				84	2100	0,3			
BAKHADA	1936/1963	56	45,1	10,9	19,5	70	1300	0,27	0,45	12,4	21,76
SMBA	1978	235	225,6	9,4	4	120	4890	01	1,34	14,76	41,56
MERDIA-SA	1984	54,4	54,1			40					
OUED-FODDA	1932	228	132,7	95,3	42	120	800	2,66	1,73	102,22	136,82
S.YACOUB	1985	280				90		0,2			50
BOUGHZOUL	1934	55	20	35	63,6	82,8	20500	0,66	0,86	37,64	50,84
GHRIB	1939	280	165,6	114,4	40,9	148,5	2800	3,2	2,38	123,92	171,52
DEURDEUR	1984	115				45	468	0,8			20,8
HARREZA	1984	75				30,8	142	0,28			7,28
MEURAD	1859	0,9	0,3	0,6	66,7	1,5	18	0,005			
BOUROUMI	1985	188				26	150	1,5			31,9
HAMIZ	1879/1935	21	16,4	4,6	21,9	55	139	0,33	0,13	5,12	7,72
DAHMOUNI	1987	41				13,3		0,1			2,30

E : Source Etudes

- BARRAGES EN EXPLOITATION

C : Source Levers Bathymétriques

- ENVASEMENT 1990 - PROJECTION 2010 -

TABLEAU N°4: BILAN D'ENVASEMENT DES BARRAGES ALGERIENS. (Suite):

BARRAGES	ANNEE DE MISE EN EAU	CAPACITE INITIALE hm3	CAPACITE 1986 hm3	VOLUME ENVASE hm3	TAUX ENVASE %	APPORTS MOYENS ANNUELS hm3	BASSIN VERSANT km2	ENVASE (E) hm3	ENVASE (C) hm3	ENVASE 1990 hm3	ENVASE 2010 hm3
KEDDARA	1985	145,6				47,3	92	0,23			5,75
CHEFFIA	1965	171	168,4			140	570	0,12	0,12		5,57
GUENTRA	1984	115,5					202	0,13			3,38
ZARDEZAS	1977-S	31	20,2	10,8	34,8	53	570	0,25	1,08	15,12	36,72
K'SOB	1939(77/S)	31	26,4	4,6	14,8	51,7	1500	0,3	0,46	6,44	15,64
F.GUEISS	1939	03	1,6	1,4	46,7	11,3	156	0,03	0,03	1,4	2
F.GHERZA	1950	47	26,5	20,5	43,6	22,2	1300	0,8	0,44	22,26	31,06
DJORF-TORBA	1969	350	316,4	33,6	9,6	200	22000	1,3	1,87	41,08	78,48
LAKHAL	1985	30	30			22	189				
A.ZADA	1986	45	115			70		0,68			16,32
H.GROUZ	1987	220					1220	0,4			10,40
H.DEBAGH	1987	82					1070	0,54			12,42
A.DELIA	1987	82					193				
B.AMRANE	1988	18					3170				
S.ABDELLI	1988	110						0,178			3,92
GARGAR	1888	450					2900	4,100			
ZERALDA	1988	1,6					33	0,005			90,20
D.HARBIL	1989	0,5					185	0,4			
TOTAUX		3886,5			10 %		78471			428,66	933,96

E : Source Etudes

- BARRAGES EN EXPLOITATION

C : Source Levers Bathymétriques

- ENVASEMENT 1990 PROJECTION 2010 -

CHAPITRE II

MODE DE TRANSPORT ET MECANISME DE

L'ENVASEMENT

PARTIE 1: MODE DE TRANSPORT .

I / - INTRODUCTION :

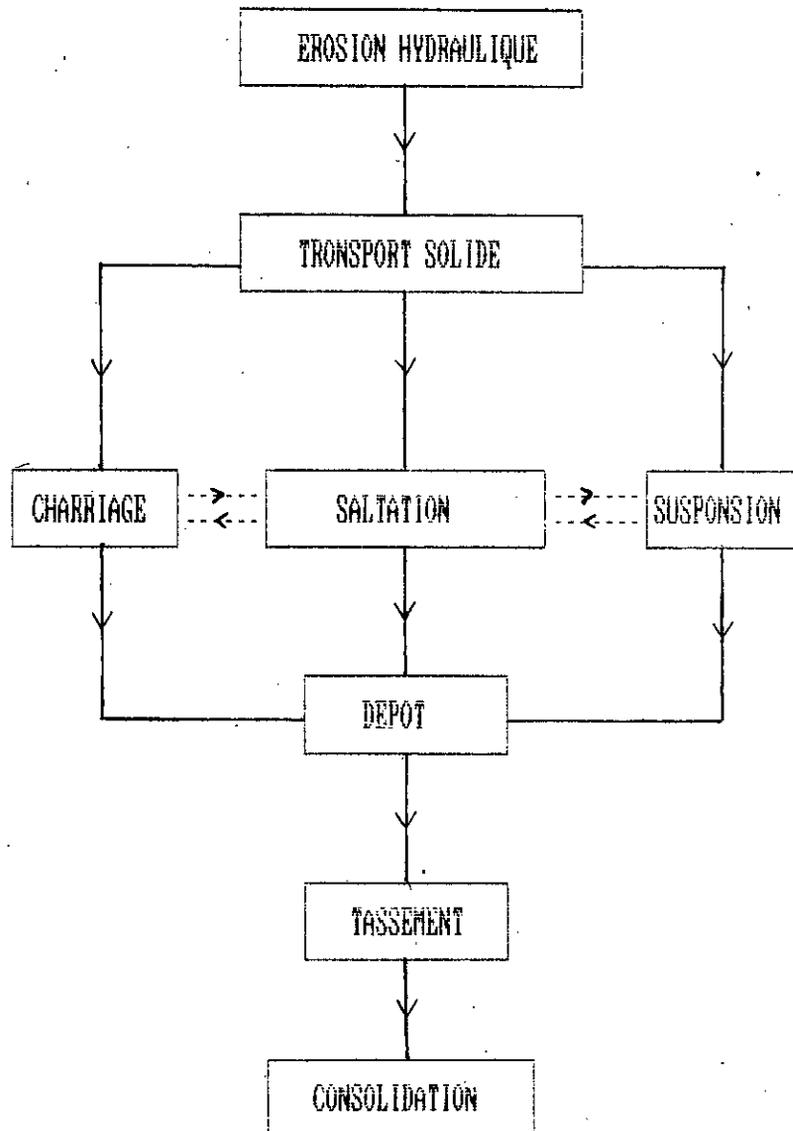
L'écoulement de l'eau dans les fleuves et les rivières s'accompagne de phénomènes d'érosion des matériaux qui constituent la couche en contact avec l'eau du fond et des berges. Cette érosion est à l'origine de l'envasement des retenues.

Les matériaux érodés sont transportés dans les cours d'eau sous forme de charriage, par saltation, et en suspension. à l'entrée d'une retenue, et sous l'effet de la chute brutale des vitesses du cours d'eau, les éléments les plus grossiers (transportés généralement par charriage) s'y déposent immédiatement en formant un défilé, par contre, les éléments les plus fins continuent leur trajet en suspension jusqu'à la dissipation totale de leur énergie cinétique ou se décantent lentement dans les eaux calmes.

II- MATERIAUX CONSTITUENT LE TRANSPORT SOLIDE:

Les granulats: on appelle granulats les matériaux non cohérents, plus ou moins roulés ou brisés, qui tapissent tout ou partie des berges et du fond et qui conservent leur individualité propre au cours de leur transport dans les fleuves et les rivières.

Les agrégats peuvent être siliceux ou calcaires, voire basaltiques, granitiques etc, suivant le faciès géologique des régions dont ils proviennent.



PROCESSUS D'ENVASEMENT
DES RETENUES

Les limons et les vases: Les matériaux les plus fins qui ont un diamètre $d < 0,15$ mm ne portent plus alors le nom d'agrégats, mais ceux de limons et de vases.

Les vases contiennent de 5 à 20% de leur poids sec en matière organiques sous la forme de minuscules organismes vivants et de débris de végétaux en décomposition, et jusqu'à 10% des colloïdes, et généralement plus de 50% d'eau.

Les limons par contre contiennent 30 à 40 % d'eau et très peu de matières organiques.

Les vases sont des matériaux cohérents mais plastiques, rigides mais liquifiable, extrêmement lisses et impénétrable, les limons ne possèdent aucune de ces propriétés et ne diffèrent pratiquement des sables que par le très faible diamètre de leurs grains.

III/- L'EROSION HYDRAULIQUE:

Il n'y a d'érosion des berges et du fond qu'à partir d'une certaine force du courant, pour une hauteur d'eau et pour une catégorie des matériaux données.

Disons seulement qu'à l'échelle des fleuves et rivières, la mise en mouvement des granulats commence à devenir appréciable pour une tension de frottement à la paroi "z" supérieure ou égale à :

$$z_0 = 0,047 (\gamma_1 - \gamma) d_{50} \quad [\text{MAYER - PETER}]$$

On a :

$$z_0 = 0,060 (\gamma_1 - \gamma) d_{50} \quad [\text{SHIELDS}]$$

Si l'on pose: $z_0 = \gamma h_0 j_0$ [DU - BOYS]

On désigne par :

h_0 : La hauteur d'eau locale au dessus de la zone d'érosion;

J_0 : La pente hydraulique de l'écoulement;

d_{50} : Le diamètre médian des granulats qui constituent les berges et le fond;

γ : Le poids volumique de l'eau ;

γ_s : Le poids volumique de la matière qui constituent les éléments de diamètre

d_{50} ;

La tension critique de frottement à la paroi τ_0 dépend, d'autre part, de l'intensité de phénomène de turbulence autour des grains, c'est-à-dire de l'importance des fluctuations instantanées des vitesses locales, et elle peut tomber dès lors à la moitié, ou même moins, des valeurs données par les formules précédente lorsqu'on se trouve dans une zone d'écoulement particulièrement turbulente.

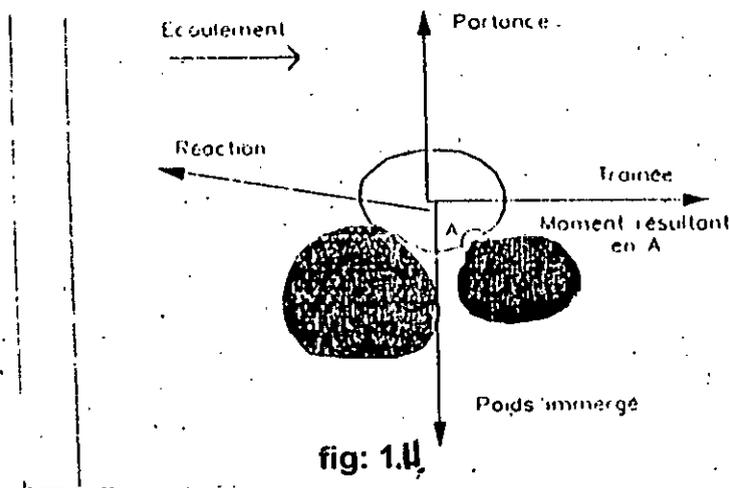
IV / LE TRANSPORT SOLIDE :

IV - 1/ Le debut du mouvement :

La plus part sinon la totalité des modèles de calcul du transport des sédiments admettent l'existence des conditions hydrauliques " critiques ", qui correspondent au debut du mouvement.

Pour caractériser cet état critique , certaines considèrent une vitesse moyenne critique , d'autre un débit critique unitaire de l'écoulement , d'autre préfèrent la hauteur d'eau critique , alors que d'autre utilisent la contrainte de frottement critique.

Le seuil de mise en mouvement d'une particule solide posée sur le fond , est évalué sur la base des considérations d'équilibre entre les forces qui lui sont appliquées.



La particule est soumise à son propre poids immergé (poussée d'archimède), aux forces hydrauliques exercées par l'écoulement (trainée, portance), et aux forces de contact tant qu'elle est encore sur le fond (fig : 1. 11) la particule sera soulevée dès que la résultante sera dirigée vers le haut ou roulera sur le grain adjacent si le moment en A le permet.

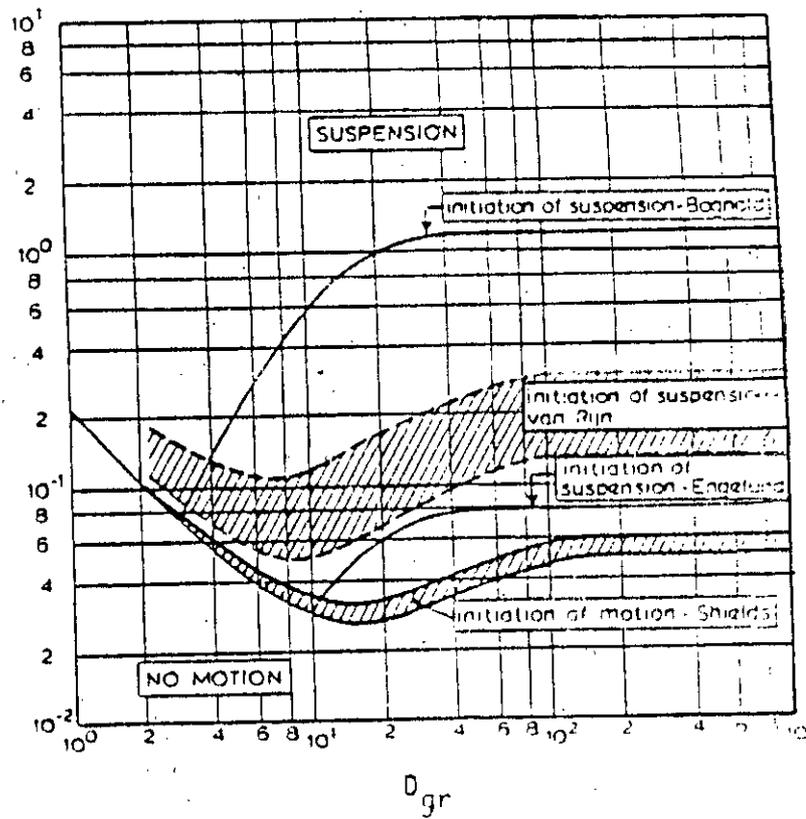


figure: 2 II Debut de mouvement (d'après rijn (1984).

IV - 2/ Les modes de transport solide :

Le transport des sédiments par un écoulement fluide , peut être sous forme de transport , par charriage (roulement , glissement), par saltation , ou par suspension , selon les caractéristiques des sédiments et les conditions hydrauliques (fig : 3 .II).

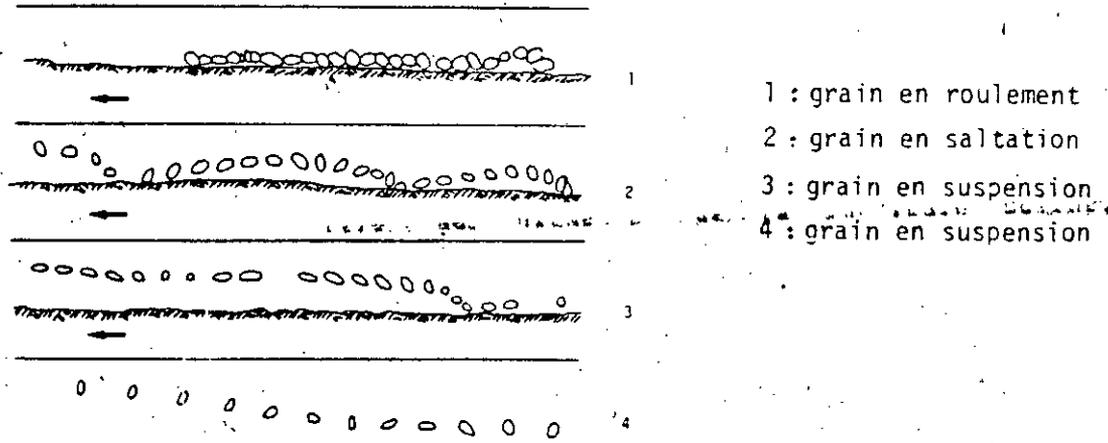
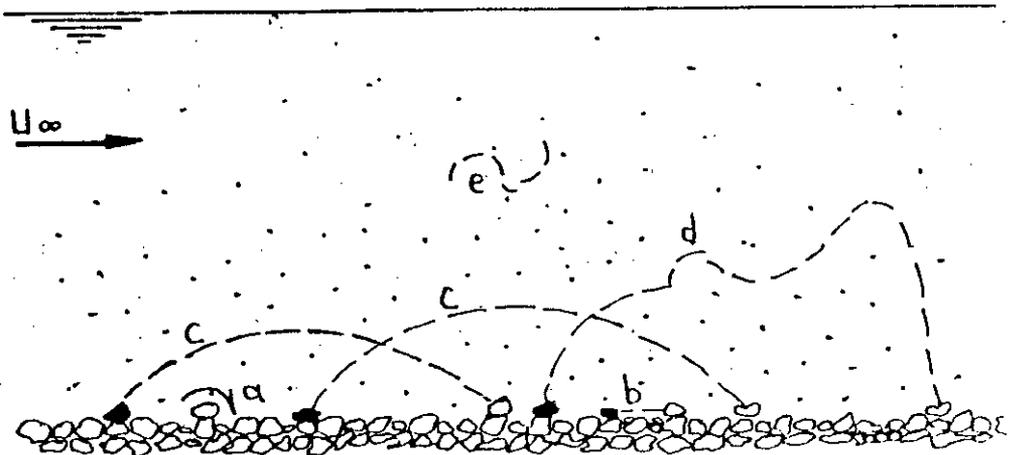


fig : 3.II : les modes de transport.



**a: roulement , b: glissement , c: saltation
 d: saltation prise par le fluide ambiant , e: suspension**

fig : 4.II : Différents types de mouvement d'après francis (1973).

IV -2-1/ Transport par charriage :

Le charriage concerne les plus gros éléments du transport solide, qui contribuent à la formation et à l'équilibre du lit , principalement la pente. lorsque le charriage est le mode de transport dominant et que le transport est assez intense, les particules se déplacent à l'intérieur d'une couche de faible épaisseur , au voisinage immédiat du fond.

Plusieurs modes de mouvements existent lors du charriage d'un sable et leur importance dépend en partie de la taille des grains et de la force tractrice. Les particules individualisées commencent à se déplacer le long du lit du cours d'eau en roulant, glissant ou éventuellement par saltation lorsque le débit est important (fig:3 .II) la direction du mouvement est en gros parallèle au fond du cours d'eau.

IV- 2-2 / Transport par saltation :

On dit qu'il y a saltation quand il y a une suite d'envols et de retombées successives. donc les particules en saltation peuvent faire partie alternativement de la charge en suspension et de la charge de fond (fig : 4.II).

IV - 2-3 / Transport en suspension :

La suspension , est par définition le maintien d'une particule en mouvement à une certaine distance au-dessus du fond , ce phénomène est dû uniquement à la turbulence de l'écoulement.

Au fur et à mesure que la vitesse du courant s'accroît dans un cours d'eau, l'intensité de la turbulence et l'épaisseur de la couche turbulente s'accroissent également, on arrive finalement à un stade où les particules en saltation atteignent une hauteur au-dessus du fond où les forces ascensionnelles fluctuantes dues à la turbulence dépassent le poids immergé des particules.

A partir de ce moment, les particules ne suivent plus une trajectoire bien définie; au lieu de cela, elles suivent des trajectoires aléatoires dans l'épaisseur du fluide et se maintiennent en suspension à une certaine distance au-dessus du fond.

Les paramètres qui influencent le mode de transport par suspension sont exprimés globalement par :

- La turbulence ;
- La vitesse moyenne de l'écoulement ;
- Les courants secondaires ;

Le degré d'influence de chaque paramètre et son rôle dans le transport en suspension varient selon les conditions hydrauliques de l'écoulement.

En effet, dans un écoulement laminaire à surface libre, la quantité des particules en suspension est nulle (GYR 1983).

La condition fondamentale de maintien des particules en suspension est par conséquent la production d'énergie turbulente dans le fluide. Les fluctuations transmettent cette énergie aux particules en empêchant ainsi leur mouvement vers le fond.

IV-2-4 / Séparation du charriage de la suspension :

En littérature, l'étude du mouvement des particules solides, est généralement classée en trois catégories: charriage, saltation et suspension.

Cependant, si la plus part des chercheurs sont d'accord quant à la classification, du moins qualitative du charriage de fond, et de la suspension, la saltation reste de loin de centre du débat, et du conflit des approches et des interprétation physiques.

En effet, l'estimation précise de l'importance relative des phénomènes: Saltation - Charriage - Suspension est difficile. Ils coexistent fréquemment et la frontière de chacun n'est pas bien définie.

Hydrodynamiquement, le charriage est caractérisé par le fait que l'impulsion énergétique d'un grain est donnée par la collision avec les autres grains ; tandis qu'en suspension, les grains sont maintenus au-dessus du fond par l'impulsion directe du liquide turbulent.

Ainsi d'ailleurs qu'au niveau de la mesure : le débit de charriage est mesuré par piégeage alors que la concentration en matière en suspension est obtenue par prélèvement d'eau. Donc nous pouvons résumer la différence entre le charriage de fond et la suspension par le fait que, le premier phénomène est dominé par la gravité et le cisaillement, alors que le dernier est dominé par la turbulence.

IV- 3 / Pavage du fond:

IV- 3- 1 / Problème physique du triage des matériaux:

Dans les chenaux où le matériau du fond se compose des particules de tailles très variées, il y a des mouvements différentiels selon la taille, l'évolution du fond présentera donc toujours un phénomène de tri des granulométries, d'ou les grosses particules sont moins facilement emportées que les petites, ainsi la couche de surface devient plus grossière que le fond d'origine.

Cette couche de surface du lit a un effet protecteur sur les couches sous-jacentes. On désigne ce phénomène par le terme de " pavage du lit " où, en cours d'érosion, les matériaux de grande dimension immobiles vont constituer une couche protectrice qui arrêtera prématurément l'érosion, et lorsque le pavage est terminé, le transport solide s'interrompt.



fig: 5.II . lit pavé

IV- 3- 2 / Effet du pavage sur la rugosité du fond:

La rugosité du lit est caractérisée d'une part par la taille des grains (rugosité de peau : k') et d'autre part par la rugosité des formes du lit (rugosité de forme : k'') de sorte que l'on a : rugosité du lit $k = k' + k''$.

L'évaluation du coefficient de rugosité du lit est assez mal définie a cause des formes variables du fond avec les conditions d'écoulement .

HARRISON (1950) a observé expérimentalement une augmentation de la rugosité du lit suite à l'apparition du pavage ; par contre LITTLE et MEYER (1972) à travers des essais sur lits avec dunes et lits plats , n'ont mesuré aucune variations sensible de la rugosité.

Par consequent on ne peut affirmer de façon générale que la rugosité de peau va augmenter , celle-ci dépendant étroitement de la fraction granulométrique qui participera au pavage .

PARTIE 2 : MECANISME DE L'ENVAISEMENT:

I/ INTRODUCTION:

Le souci d'éviter les inconvénients du transport solide (qui est très important en algérie) nécessite d'abord une étude approfondie du comportement des particules solides dans les retenues.

L'étude consiste à expliquer comment se comblent les retenues des barrages, Lorsque les sédiments pénètrent dans ces dernières.

Ce mécanisme reste en fait l'une des études les plus complexes en raison de la multiplicité des types des retenues et les principaux facteurs qui peuvent influencer sur l'envasement.

II / APPORTS SOLIDES AUX RETENUES:

A l'entrée d'une retenue, le transport de ce dernier diminue par suite de la chute brutale des vitesses du cours d'eau; les plus grossiers s'y déposent immédiatement, quant aux éléments fins, plus légers continuent leur trajet en suspension jusqu'à se déposer en eaux mortes où ils décantent lentement.

Cette décantation s'effectue là où en général les vitesses deviennent nulles, soit dans les sections mouillées les plus larges au pied amont du barrage. L'intensité de ces phénomènes varie beaucoup avec l'environnement général, (géologie, degré d'altération des roches, le réseau hydrographique alimentant la retenue, l'hydrologie, le couvert végétal, le climat....).

Aussi les caractéristiques des dépôts solides varient d'une retenue à l'autre.

Les dépôts peuvent avoir un caractère permanent ou, dans certains cas, du fait de débit de crue élevé et un niveau bas de la retenue, ils peuvent progresser dans la retenue.

II- 1 / Comportement des sédiments grossiers:

Les eaux du cours d'eau arrivant dans les eaux claires de la retenue sont freinées dans la zone des remous en tête de la retenue (fig: 6. II).

Les matériaux grossiers s'y déposent en formant un deltat qui s'érige à l'embouchure du réservoir, il présente une pente raide à sa limite aval; à l'amont il rehausse les lignes d'eau.
Il progresse vers le barrage au fur et à mesure des apports.

II- 2 / Comportement des sédiments fins:

Ces matériaux sont transportés en suspension plus loin dans le réservoir pour se déposer au fond de la retenue en couche relativement planes. Le dépôt, et lieu, soit par décantation sur place soit après transport dans la retenue par les courants de densité.

DUQUENNOIS distingue ces deux comportements en fonction du régime de l'écoulement à l'amont.

- S'il est torrentiel: les eaux chargées plongent au fond de la retenue et s'y écoulent sous la forme d'un courant de turbidité (fig: 7. II), qui se présente comme un écoulement plus ou moins individualisé, de densité supérieure à celle des eaux claires qui l'entourent.

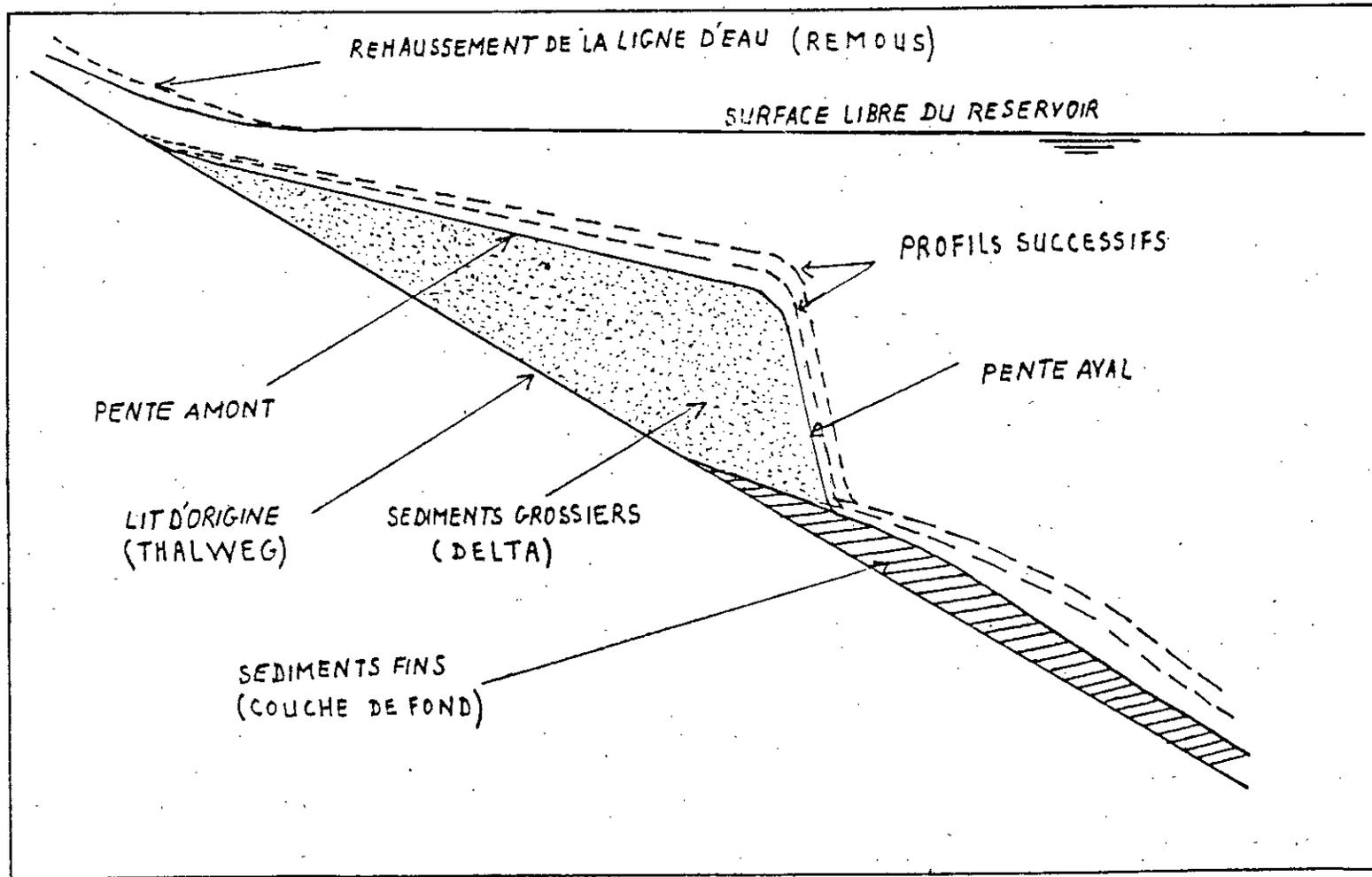


fig. 6. II profil d'un delta typique en reservoir.

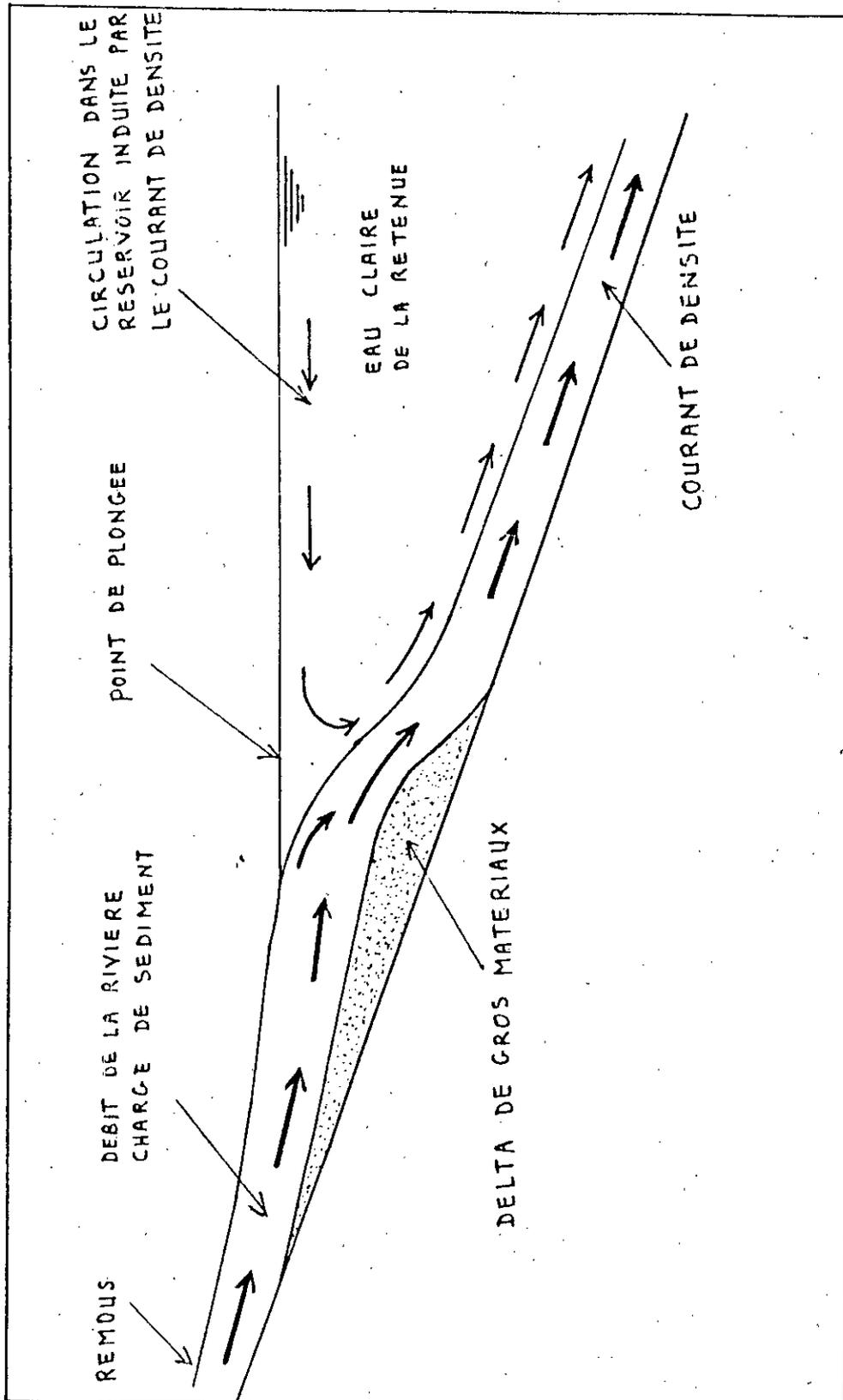


fig: 7.II Extrémité amont du modèle indiquant la formation du courant de densité

- S'il est fluvial (cas de la majorité des retenues algériennes) :
il y'a toujours une tendance à l'écoulement des eaux au pied du front, avec un contre courant d'eau claire à la surface, dans ce cas il ne se forme de courant de densité que pour des débits et des concentrations suffisamment élevés.
si ces apports sont faibles et en outre à des températures voisines à celles du lac, le front est discontinu, sujet à des fluctuations.

L'écoulement amont se disperse alors plus ou moins dans la retenue.
Par la suite les sédiments peuvent se comporter de deux façons:

* Si un courant de densité s'est formé: il peut, sous certaines conditions hydrauliques, s'écouler au fond de la retenue et transporter les vases jusqu'au pied du barrage. Elles s'y accumulent en l'absence de soutirage de fond, en formant un lac de vase qui peut être d'un volume très important.

* Si le courant de densité ne s'est pas formé: les sédiments fins sont tributaires de la gravité, de la turbulence et des écoulements dans la retenue, la salinité des eaux lacustres de l'ordre de 0,5g/l , suffit pour produire la floculation de ces particules très fines ce qui augmente leur vitesse de chute.

Une fois déposées au fond, les vases forment généralement des coulées boueuses vers les parties les plus basses de la retenue.

Lorsqu'elles sont stabilisées, et en l'absence de mouvements importants dans la retenue, ces dépôts se consolident en se débarrassant de leur eau interstitielle.

III / DIFFERENTS MODES D'ENVASEMENT:

Il existe trois modes d'envasement possibles des retenues:

III-1 / Retenue envasée par " courants de densité " :

Les eaux d'un cours d'eau arrivant dans les eaux claires de la retenue, sont freinées dans la zone de remous se débarrassant rapidement des particules grossières transportées en saltation et conservent les plus fines en suspension

(fig: 8.II).

si la retenue présente les conditions suivantes:

- les crues de l'oued principal transportent une quantité importante de sédiments (la densité peut varier de 1.04 à 1.2). Cette forte concentration se manifeste surtout pendant les mois de SEPTEMBRE et OCTOBRE succédant ainsi à la période estivale pendant laquelle l'oued est à sec.
- L'oued présente une forte pente.
- La forme géométrique de la retenue est de type " CANAL "

Si ces conditions se trouvent réunies alors les courants de densité se forment en tête de la retenue dans la zone de remous et se propagent sans difficultés dans le fond de la retenue et venir s'accumuler dans la partie aval, en formant une " MASSE BOUEUSE " (en l'absence d'un système de soutirage), surmontée par l'eau claire, cette masse se consolidera peu à peu au cours du temps.

Il est à signaler que les retenues des barrages oued FODDA, K'SOB, ERRAGUENE, GHRIB, ZARDEZAS et MEFROUCH en algérie, NABEUR en tunisie... pour lesquelles la cause principale de l'envasement est les courants de densité, présentent toutes ces conditions.

III-2 / retenue envasée par charriage des particules grossiers et decantations des particules fines:

Si les conditions mentionnées précédemment ne sont pas réunies à savoir, la retenue qui prend la forme de type "LAC" (cet élargissement brusque de vallée sont des zones de dépôt et disparition des courants de densité), la faible concentration en éléments solides et la faible pente du lit de l'oued principal (ce qui provoque un écoulement fluvial). C'est le cas de la plupart des retenues importantes. Dans ce cas l'envasement se fait de la manière suivante:

Les eaux de la rivière arrivant dans les eaux claires de la retenue sont freinées dans la zone de remous. là elles perdent leurs matériaux grossiers qui vont former un delta en queue de la retenue . Ce delta, de surface limitée mais de hauteur relativement grande, présente une pente raide (talus naturel des sédiments) à sa limite aval, plus douce à sa surface. Il s'étend en amont de la limite des eaux calmes en rehaussant les lignes d'eau à l'amont, et avance vers le barrage avec le temps au fur et à mesure des apports (fig: 9. II).

Les sédiments fins sont tributaires de la gravité, de la turbulence et des écoulements dans la retenue. les particules de taille argileuses, de taille inférieure à 2micron, ont une vitesse de chute très faible à l'état individuel qui les empêcherait de sédimenter mais en général la salinité des eaux lacustres est suffisante (0.5g/l) pour produire la floculation de ces particules.

Les flocons ainsi formés ont une vitesse de chute beaucoup plus importante et decantent aussi rapidement que les silts.

Une fois déposées au fond, les vases sont susceptibles de former des coulées boueuses vers les parties les plus basses de la retenue.

Lorsqu'elles sont stabilisées, et en l'absence de mouvement important dans la retenue, les dépôts vont se consolider en se débarrassant de leur eau interstitielle.

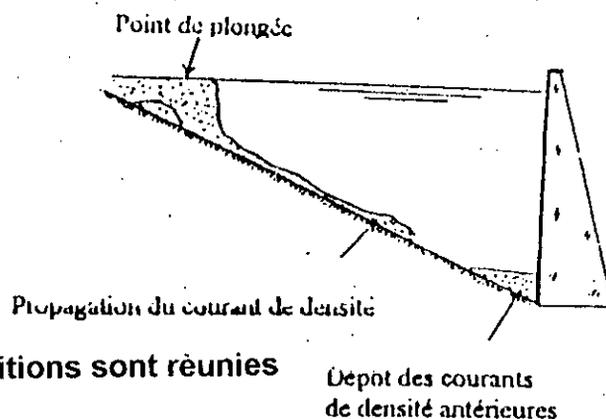


fig: 8. II Cas où les conditions sont réunies

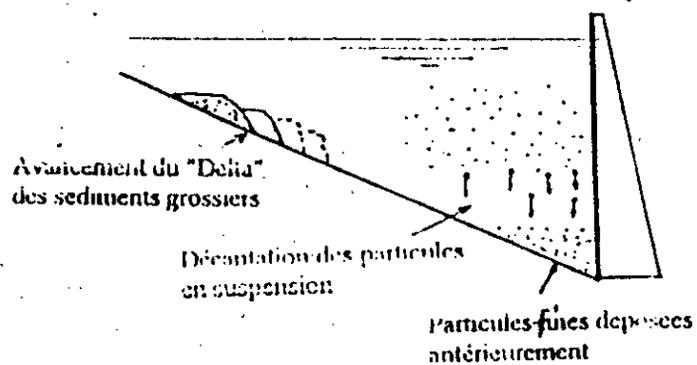


fig: 9. II Cas où les conditions ne sont pas réunies

III-3 / Retenue envasée par rouleaux de recirculation:

Les " petites " retenues sont beaucoup plus brassées et les phénomènes ne sont pas aussi distincts. Le classement granulométrique est moins net et l'envasement est plus uniforme sur toute la retenue.

Généralement pour ce type de retenue, les conditions de formation des courants de densité ne sont pas réunies et dans ce cas l'envasement se fait par rouleaux de recirculation.

Cette étude très complexe a été réalisée sur le modèle réduit de la retenue du barrage de BENI AMRANE (BOUMERDES) de capacité de 16 millions de mètre cube.

IV / Influence des différentes caractéristiques de la retenue sur l'envasement:

En raison de la variété des types de retenues, il existe plusieurs facteurs qui modifient la présentation donnée par DUQUENNOIS, dont les principaux sont:

a / Taux de renouvellement de la retenue:

Le taux de renouvellement de la retenue (rapport : capacité du réservoir / apport liquide annuel) a une grande importance pour le mécanisme de l'envasement : il détermine le pourcentage des sédiments entrant dans la retenue et piègès " efficacité de piègeage ".

b / Topographie de la retenue:

La topographie de la retenue influence l'envasement en modifiant les conditions d'écoulement des courants. Effet peu étudié et difficile à quantifier mais déterminant pour la localisation des dépôts, tels que:

- une forme tortueuse de la retenue, pousse les sédiments vers l'amont.
- un élargissement des vallées est le siège de dépôt et de disparition des courants de densité.
- Les méandres créent des zones d'eau calmes qui favorisent les dépôts.

c / Mode d'exploitation des retenues:

Le comblement est plus rapide dans le cas d'installations hydro-électriques car on a le souci de perdre le moins d'eau possible. On l'emmagasine et elle se dépose. Les réservoirs pour irrigation sont moins rapidement comblés parce que l'on fait un usage plus rapide des eaux ce qui entraîne l'évacuation d'une grande partie du débit solide en suspension.

d / Présence d'affluents:

Des affluents se jetant dans le lac de retenue perturbent parfois le mécanisme classique d'envasement, notamment s'ils sont eux-même chargés en sédiments.

e / Présence de végétation:

La végétation existant en fond de retenue peut retenir une grande partie des sédiments. De plus elle accélère la consolidation des argiles par drainage naturel. Aussi elle empêche le maintien de tout courant de densité en raison de la rugosité ainsi créée.

V / CONCLUSION:

Le comportement et la distribution des sédiments dans les retenues, est un phénomène très complexe dans le processus de l'envasement en raison de la multiplicité des types de retenues et les principaux facteurs qui peuvent influencer sur l'envasement.

CHAPITRE III

MOYENS DE LUTTE CONTRE L'ENVASEMENT DES

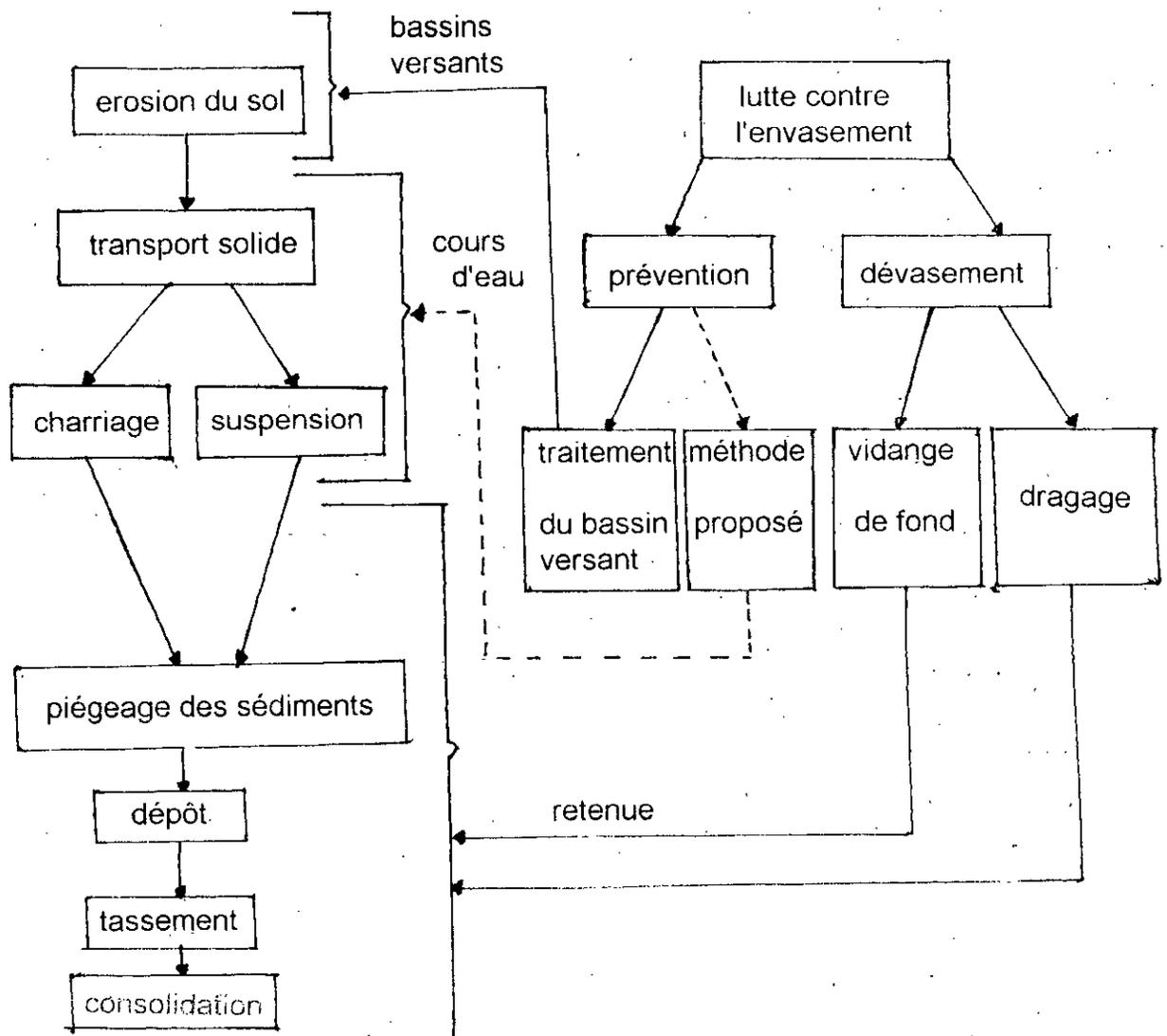
RETENUES

I/ INTRODUCTION:

Une meilleure compréhension du mécanisme de l'érosion et du régime des écoulements solides des cours d'eau peut servir de base pour la définition d'une politique rationnelle de lutte contre l'érosion et l'envasement des barrages et contribuer à la conservation des potentialités hydrauliques dans un pays où l'eau constitue un facteur déterminant du développement économique.

III/ METHODES DE LUTTE CONTRE LA SEDIMENTATION:

Parmi les procédés de lutte contre ce phénomène sont schématiquement préconisés deux aspects: prévention et dévasement. Ainsi le processus de l'envasement et moyens de lutte est donnée si après:



II-1/ La prévention:

La prévention, qui fait l'objet de cette étude peut prendre deux formes:

1- Empêcher l'arrivée des sédiments dans la retenue. cette solution relève du traitement du bassin versant et du lit majeur des cours d'eau .

2- Prendre des dispositions pour que les sédiments transitent dans la retenue sans y être piégés. cela revient à agir sur les courants dans la retenue pour minimiser le dépôt, en particulier en prenant des dispositions d'évacuation appropriées.

IL est à noter que les tamis qui ont poussé à l'amont des barrages de BOUHANIFIA, de FERGOUG et CHERFAS, constituent de véritables pièges à sédiments.

II-1-1/ Traitement du bassin versant et du lit majeur:

Notons simplement que des dispositions appropriées de conservation des sols sont de nature à diminuer fortement l'apport en sédiments, notamment pour les retenues à bassin versant peu étendu. ces dispositions sont essentiellement le reboisement, l'amélioration des pratiques agricoles et l'aménagement du cours d'eau à l'amont (petits écreteurs de crues, seuils dans les ravines....).

Pour les retenues au grand bassin versant, ce type de mesures est souvent d'un coût dépassant largement le gain d'exploitation de la retenue qui en résulterait. Notons toute fois que les plus importantes sources de sédiments sont parfois très localisées.

Les résultats encourageants obtenus aux ETATS-UNIS et en ALGERIE incitent à systématiser l'étude économique de ce type de dispositions pour les nouveaux aménagements, et à les privilégier lorsqu'elles présentent un bilan économique acceptable. Des auteurs proposent également d'implanter une végétation appropriée sur le lit majeur: cette disposition ralentit l'écoulement et donc favorise le dépôt des sédiments. Elle est couramment utilisée en CHINE.

Toute fois, la réduction des vitesses entraîne un rehaussement des lignes d'eau qui peut être préjudiciable à l'écoulement des crues et c'est l'objet de notre étude.

II-1-2/ Evacuation des sédiments par l'utilisation des prises de fonds:

Dans certains cas on peut tirer partie de la présence d'un courant de densité pour éviter le dépôt des sédiments fins dans la retenue. Il faut alors prévoir des organes de soutirage spécifiques. Mais on peut aussi agir sur la formation et l'écoulement du courant de densité par l'aménagement du fond de la retenue.

de telle dispositions, étudiées préalablement sur modèle physique, ont été prises par exemple au barrage MOHAMED BEN ABDELKRIM au MAROC.

Dant le cas où le courant de densité chemine jusqu'au barrage, il est possible de le soutirer et d'évacuer ainsi une partie des sédiments fins entrant dans la retenue.

Ces organes spéciaux d'évacuation des courants de densité sont constitués par un ensemble de vannettes de petits diamètre (40cm à l'IGHIL AMDA), située en partie basse du barrage. Ce sont des vannettes tout ou rien, placées en by-pass des vannes de vidanges. La définition de ces organes est justifiée par le fait qu'il ne faut pas soutirer des débits supérieurs au débit du courant de densité sous peine de former un entonnoir d'eau claire.

Les observations faites lors de leurs utilisations confirment que plus les débits de soutirage est élevé , plus la concentration en matières solides est faible.

Il existe donc à priori un optimum entre la perte d'eau et le gain en volume de retenue.

L'utilisation de prises et d'évacuateurs de fond, ainsi que d'organes spécialisés de dévasement à petit débit pour les retenues où s'écoulent des courants de densité semblent donc constituer le meilleur moyen de limiter l'envasements des retenues en fonctionnement normal.

Ces ouvrages présentent en général trois inconvénients: leur coût plus élevé, leur sécurité moins grande, leur usure plus rapide.

L'étude économique peut donc seul permettre de conclure, en tenant compte des incertitudes pesant toujours sur l'évaluation des apports solides.

II-2/ Le dévasement:

Le dévasement des retenues, rendu souvent nécessaire pour assurer le fonctionnement nominal d'un aménagement, est classiquement opéré de deux façons: soit en utilisant des moyens mécaniques, soit de façon naturelle en procédant à des chasses.

II-2-1/ Le dévasement par moyens mécaniques:

Le dévasement mécanique est dans tous les cas un procédé au coût élevé. Malgré cela, il est utilisé relativement fréquemment, notamment lorsque les consignes d'exploitation interdisent toute perte d'eau et imposent par là l'emploi de la drague à siphon.

Le curage de la retenue par engins mécaniques (bulldozers) après vidange complète est utilisé dans certains cas. Il ne se justifie économiquement que pour de très petites retenues.

Le moyen le plus couramment utilisé est le dragage hydraulique, à la drague (suceuse) à siphon. Certains ont proposé d'améliorer son rendement en branchant des tuyaux flexibles armés aux conduites de prises. On tire ainsi partie de la charge de la retenue, et le coût du dragage est réduit par réduction de la dépense d'énergie. Ce procédé est utilisé en CHINE. Mais le gain économique est relativement moins importants dans les pays de main d'oeuvre chère.

Ces divers procédés posent souvent le problème du stockage et/ou de l'utilisation des sédiments ainsi évacués. La méthode la plus (élégante), utilisée en CHINE, est de les mettre en valeur en les épandant sur des terrains agricoles. Mais la qualité biochimique des vases ne le permet pas toujours. plus souvent, on les stocke à proximité de la retenue, ou même on les rejette à l'aval de celle-ci.

II-2-2/ Les chasses:

On appelle généralement (chasse) toute procédure d'abaissement rapide du plan d'eau par ouverture à débits des évacuations de fond. On augmente ainsi les vitesses dans la retenue, les augmentations les plus sensibles se trouvant en queue de retenue.

Ceci remet en mouvement une partie des sédiments déposés au fond de la retenue. L'écoulement creuse un chenal dans les dépôts, qui s'agrandit au fur et à mesure que l'érosion progresse.

Après fermeture des vannes lorsque le réservoir a atteint le niveau minimum autorisé par les consignes d'exploitations, la suspension continue pendant un certain temps à progresser et les concentrations augmentent au voisinage du barrage (même phénomène que lors du soutirage des courants de densité).

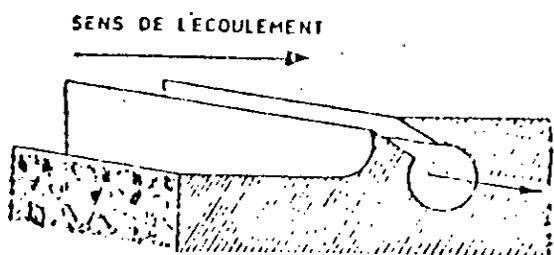
Lorsque la retenue est revenue au niveau haut, on peut répéter l'opération. On poursuit parfois l'opération jusqu'à la vidange complète de la retenue. Mais il faut remarquer que toute vidange n'est nécessairement une chasse: on peut par exemple, vouloir vidanger une retenue sans chasser les sédiments, en procédant alors à un abaissement plus lent du plan d'eau, et même en respectant des paliers pour stabiliser les vases.

II-2-3/ Pièges à sédiments:

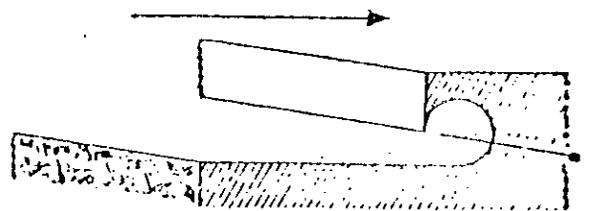
Les pièges à sédiments donnent une solution continue et facile afin de récupérer les sédiments qui sont entraînés vers l'extérieur de l'écoulement par des écoulements secondaires.

- Pièges à tubes (fig: 1.a.III & 1.b.III)

On pose sur le fond un tube fondu transversalement à l'écoulement. Les sédiments qui transitent par charriage tombent dans le tube. L'écoulement crée dans ce dernier les entraîne à l'extérieur de l'ouvrage.



(a)



(b)

fig: 1.III

- Tubes de PARSHAL (fig: 2.a.III & 2.b.III)

Il s'agit d'un dispositif semblable au précédent mais dans la fente est dirigée vers l'aval; il faut créer un écoulement dans le tube pour "ASPIRER" les sédiments.

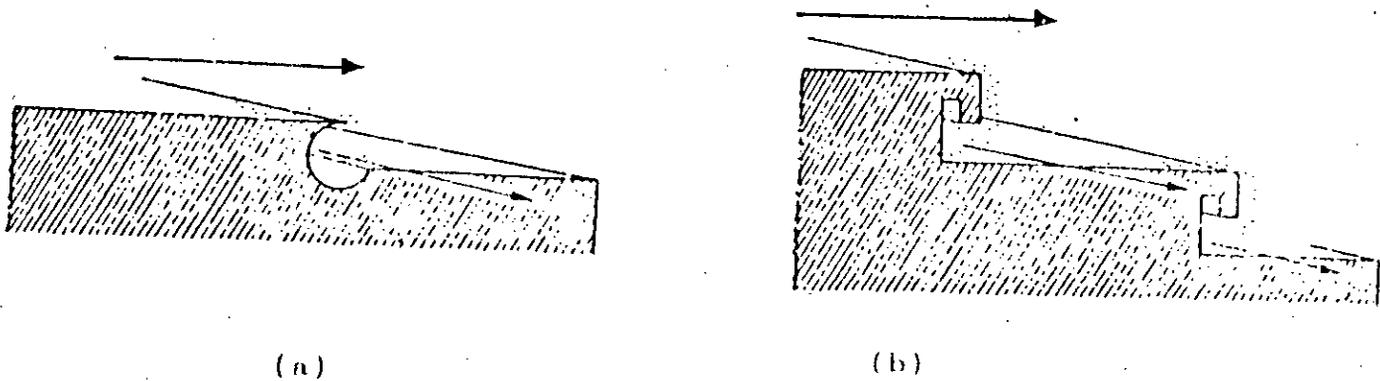


fig: 2.III

- Pièges à plaques directionnelles (guide-blades) (fig: 3.III)

Dans l'écoulement, on dispose des plaques incurvées qui font decanter les particules. Ces particules sont récupérées par une conduite fondue transversalement.

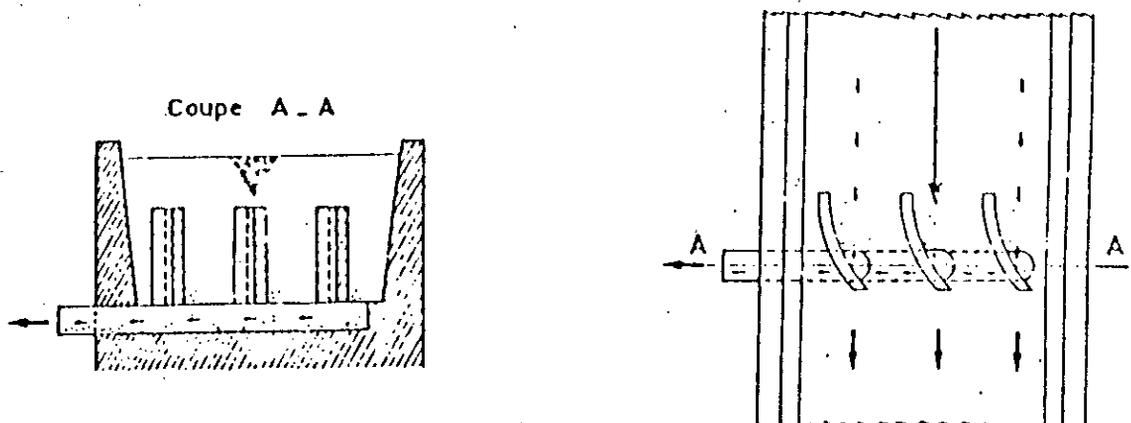


fig: 3.III

- Pièges à l'institut SANNIRI (URSS)

on fait decanter les particules en créant une zone à pente faible où l'on installe un piège à tube.

D'une façon générale, on peut remarquer que ces pièges sont disposés en amont de l'ouvrage où la décantation peut se produire, et ne constituent pas un moyen de nettoyage des ouvrages proprement dit, mais de prévention contre l'envasement.

Les principales difficultés rencontrées avec ces systèmes sont:

- Le rendement de la récupération.
- Le bouchage du système par des objets autres que les sédiments.
- Le nettoyage peu facile du système.
- Limitation des zones d'utilisation.

III / CONCLUSION:

face aux problèmes pratiques posés par l'envasement des retenues, les objectifs les plus ambitieux que l'on peut fixer aux études dans ce domaine pourraient s'énoncer ainsi:

- 1- Limiter la venue de sédiments dans la retenue; ce problème est du ressort de la protection des sols du bassin versant.
- 2- prévoir le mode de sédimentation et d'érosion dans la retenue en eau; cela permettrait la définition d'une gestion de la retenue limitant l'envasement, ou assurant au moins un dégagement des organes sensibles du barrage (prise d'eau, vannes...) et pour un nouvel aménagement de définir les dispositions les plus efficaces vis à vis des sédiments.
- 3- prévoir la vitesse de remise en mouvement des vases lorsque la retenue est totalement vidangée et que la rivière s'encaisse entre les bancs de vase qu'elle érôde; cela permettrait d'envisager un pilotage de la vidange ou du moins, d'en prévenir les effets nuisibles.

CHAPITRE IV

AMENAGEMENT

DES COURS D'EAU

I / PRINCIPES DE L'AMENAGEMENT DES COURS D'EAU:

La première chose à faire pour dresser le plan d'aménagement d'un cours d'eau est de déterminer le tracé de son lit moyen, les dimensions et la forme de son profil en travers normal, son profil en long. mais, avant de décrire ces travaux de normalisation, il est nécessaire d'étudier ceux qui concernent la régularisation, en vue d'atteindre un ou plusieurs des objectifs suivants:

- écoulement rapide et sans danger des eaux de crue;
- charriage efficace des sédiments en suspension et des dépôts sur le fond,
- concentration du courant dans une section déterminée du lit;
- stabilité du cours avec minimum d'érosion des berges;

Pour réaliser ces différents objectifs, les travaux doivent concerner tantôt le lit majeur, tantôt le lit mineur, tantôt le lit moyen.

II / TRAVAUX D'AMENAGEMENT:

Nous examinerons successivement trois natures de travaux qui intéressent, soit le lit moyen, soit le lit majeur:

- lit moyen. - amélioration de l'écoulement, suppression d'une partie du débit par dérivation;
- lit majeur. - étalement de l'écoulement par emmagasinement.

II- 1 / Amélioration de l'écoulement:

Le débit se définit en écoulement permanent par la formule de CHEZY

$$Q = C . S . \sqrt{R . I}$$

L'amélioration de l'écoulement peut être obtenue en agissant sur les divers termes de cette expression. on peut augmenter la section mouillée en enlevant les obstacles (action sur S), en concentrant le débit dans un lit unique calibré (action sur R); on peut accélérer l'écoulement par diminution du coefficient de frottement dans le lit (action sur C); on peut agir sur la pente de la ligne d'énergie I , en accroissant artificiellement la vitesse du courant et en réalisant des coupures qui raccourcissent le cours du fleuve et éliminent les pertes de charges qui se produisaient dans les coudes brusques. En pratique, on est généralement amené à jouer sur plusieurs paramètres.

II-2 / Suppression d'une partie du débit par dérivation:

Les inondations sont évidemment réduites si l'on dévie une partie de l'eau qui circule dans un fleuve. Lorsqu'il s'agit de protéger une zone fortement urbanisée, où des digues coûteraient trop cher en raison de la valeur des terrains, on peut rejeter l'eau dans le même fleuve en un point au-delà duquel les inondations ne sont plus dommageable. L'eau peut également être rejetée dans un fleuve différent lorsque les maximums des crues des deux rivières ne coïncident pas.

On peut en fin envisager de diriger une partie des eaux de crue vers des puits absorbants, creusés dans une nappe perméable.

II-3 / Etalement de l'écoulement par emmagasinement:

On étudie, dans l'hydrologie, la régularisation du débit par le moyen de réservoirs situés dans le bassin supérieur. Le problème que nous avons en vue ici est de même nature; il s'agit d'une défense locale par emmagasinement dans le lit majeur en amont d'un point sensible, par exemple en amont d'une grande ville.

On montre dans l'écoulement d'une onde de crue, que le maximum de débit précède le maximum de hauteur. Si, en un point donné, nous alimentons par un déversoir de surface un champ d'inondation que nous supposons cloisonné par des digues transversales, le niveau de l'eau continue à monter lorsque le maximum de débit se produit. Il en résulte que le champ d'inondation continue à s'alimenter et que le débit transmis à l'aval par la rivière est inférieur au débit reçu. Le débit maximum décroît donc de l'amont vers l'aval dans les rivières qui alimentent un champ d'inondation. C'est bien ce que l'on constate entre deux confluent sur les cours d'eau naturels.

L'effet de l'emmagasinement est d'autant plus important que la vitesse de montée de l'eau au moment du passage du maximum de débit est plus grande. A la limite, dans le cas de l'écoulement d'un débit constant, cet effet est nul.

les débits à l'amont et à l'aval de la zone d'emmagasinement sont évidemment égaux dès que le remplissage du champ est effectué.

III/ OUVRAGE D'AMENAGEMENT:

III-1/ Choix des matériaux:

On est guidé pour le choix des matériaux par les ressources locales et par des considérations de prix de revient. La pente du cours d'eau joue un rôle important pour guider ce choix, le poids unitaire des éléments constitutifs devant être d'autant plus important que cette pente est plus forte.

On peut utiliser de la terre pour les ouvrages pleins. La terre ne résisterait pas à la submersion; les ouvrages doivent s'élever au-dessus des plus hautes eaux.

Il y a intérêt à les renforcer en surface par des matériaux résistants ou à disposer la terre dans des sacs.

Les matériaux pierreux peuvent être ceux de la rivière elle-même. Le courant pouvant normalement les déplacer, ils doivent être recouverts d'une carapace protectrice, être enfermés dans des gabions ou être utilisés pour fabriquer des blocs artificiels. On a intérêt à utiliser des matériaux denses qui sont moins facilement entraînés.

III-2/ Les digues:

Les procédés de construction des digues du lit moyen et des digues du lit mineur sont les mêmes.

En général, ces digues sont du type plein; moellons entassés, sur des fondations naturelles ou artificielles, matelas de fascine surchargés de moellons, âme de gravier ou de sable, masquée par des moellons ou des fascines.

Lorsque les digues sont réalisées en enrochements, ceux-ci doivent être soigneusement imbriqués, surtout s'il y a des gros éléments.

Le couronnement des digues submersibles en crue doit être soigné et réalisé en gros blocs bétonnés ou en dalles de béton. Le parement déversant doit avoir une pente assez faible: moins de 2/1, et être couvert d'une dalle de béton ou de gros enrochements bétonnés.

Les digues peuvent être constituées par des éléments verticaux en béton (digues à muraille).

III-3/ Les épis:

un épi est une structure enracinée à la berge , établie transversalement par rapport au courant .

La figure :1 .IV représente la coupe longitudinale d'un épi bas d'aménagement du lit mineur .

Les épis constituent des obstacles à l'écoulement de l'eau ;ils provoquent un régime de vitesse décroissant de la tête vers l'enracinement et entraînent un changement de direction du courant à leur voisinage (figure :2.IV).

En basses eaux ,sans déversement ,les courants forment des tourbillons à axe vertical.Lorsqu'il y a déversement par -dessus l'épi,il se forme d'autres tourbillons à axe horizontal qui se superposent aux premiers.

Le courant de fond ,chargé de matériaux ,et qui se dirige vers la berge, est ralenti dans l'interval entre épis .Des matériaux peuvent se déposer . Les dépôts sont relativement importants le long de la face amont de chaque épi.

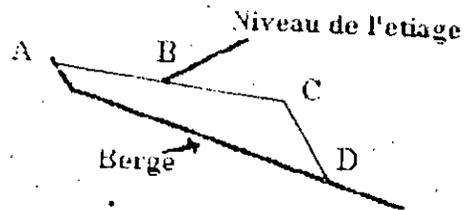
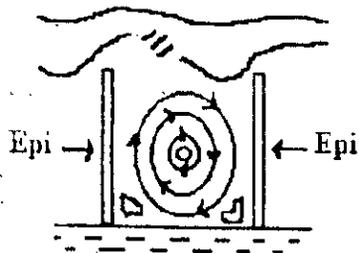
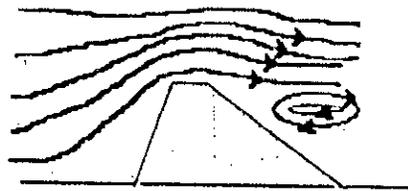


FIG:1. IV. coupe en travers d'un épi bas.



 Zone d'affouillement
des courants

En basses eaux



Coupe verticale d'un épi-direction

En hautes eaux

FIG:2.IV . courants secondaires créés par des épis.

III-4/ Comparaison des digues et épis:

La régularisation du lit mineur se fait le plus souvent au moyen d'épis construits sur les deux rives.

Du point de vue constructif, les digues ne sont pas aussi souples que les épis.

Pour corriger une section que l'on a faite trop étroite, il n'y a avec elles qu'une solution; les détruire et les reconstruire. avec les épis, il suffit d'enlever une partie de la structure ou de la prolonger s'il devient nécessaire d'augmenter ou réduire la largeur de la rivière.

Les épis peuvent être construits par étapes tandis que les digues n'agissent correctement qu'une fois terminées.

les digues sont établies suivant une ligne continue parallèle aux berges. elles nécessitent souvent des fondations onéreuses. Elle subissent la pression de l'eau lorsque le niveau est différent de part et d'autre.

Les épis permettent l'accès des eaux limoneuses dans les alvéoles qu'ils délimitent, ce qui entraîne un colmatage.

Des épis construits sur une rivière du type comblant accentuent la tendance au comblement et sont rapidement noyés dans les alluvions.

Des épis construits sur une rivière du type creusant ne permettent pas d'arrêter l'érosion. C'est donc finalement dans les rivières sinueuses que les épis ont le meilleur effet.

III-5/ Seuils de fonds :

Les seuils de fonds sont construits, comme les épis, en moellons ou matelas de fascines et moellons; leur crête est située au niveau théorique du lit ou un peu au- dessous; leur exécution est plus compliquée que celle des épis du fait qu'ils constamment immergés. les seuils de fonds, destinés à limiter les profondeurs, sont souvent plus rapprochés que les épis: trop distants, ils n'arrêteraient pas l'affouillement. Leur inclinaison par rapport à la normale au courant est toujours faible.

III-6/ Fixation du lit par pavage:

On peut penser à recouvrir tout le lit par une couche protectrice en matériaux plus gros que ceux que transporte normalement la rivière, tels que la force tractrice du courant soit incapable de les emporter.

III-7/ Barrage d'un faux bras:

Le barrage d'un faux bras, généralement arasé à un cote voisine de celle des eaux moyennes, laisse déverser l'eau en période de crue. On déprime sa crête vers le milieu de la section, de manière à centrer l'écoulement liquide en hautes-eaux et à éviter l'érosion des berges.

Le barrage d'un faux bras s'exécute souvent en pierres lancées. La protection du lit et des berges aux abords du barrage peut également se réaliser par des enrochements. Le barrage et la protection peuvent reposer sur un matelas de fascines qui répartit mieux la pression (figure: 3.IV). Une méthode consiste, par des épis établis dans le lit en amont de l'ouverture du bras, à détourner le courant et limiter le débit du faux bras (figure: 4.IV). Les sédiments ont alors tendance à pénétrer dans le bras où la vitesse est moindre et à se déposer devant la dugue de clôture perméable.

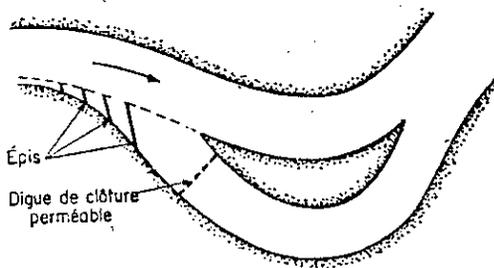


fig:4.IV épis détournant le courant à l'entrée du bras à barrer

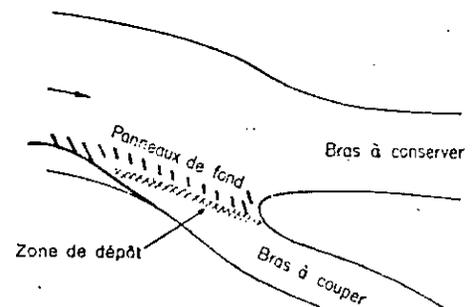


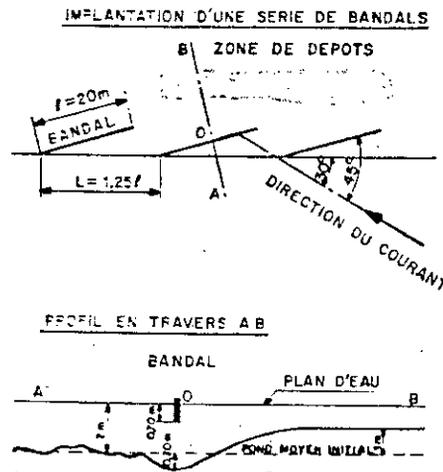
fig:3.IV fermeture d'un bras par panneaux de fond

III-8/ Bandalling:

On dispose dans l'écoulement des séries d'écrans verticaux, appelés bandals, de façon indiquée sur la figure: 5.IV .

La déflexion des courants de surface entraîne un affouillement sous les structures et la formation d'un cordon continu de dépôts alluvionnaires en aval des bandals.

La figure: 6.IV montre la réalisation des bandals à partir des produits locaux facilement disponibles.



**fig: 5.IV action des bandals
(mesures effectuées sur le brahmapoutra)**

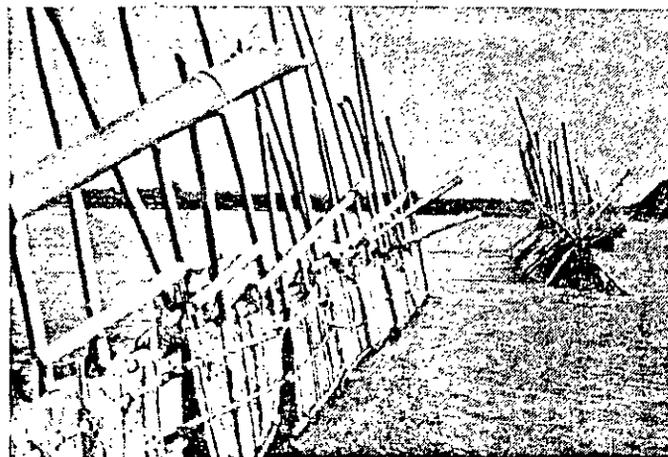


fig: 6.IV détail des bandals

III-9/ Panneaux de fonds:

Les panneaux de fonds sont des écrans verticaux immergés, en contact avec les fonds alluvionnaires, formant des ensembles disposés en persiennes; ces structures dirigent toujours les courants de fond hors du chenal, avec des angles de 20 à 45°, la côte supérieure des panneaux correspondant sensiblement au niveau des basses eaux.

Dans le système d'implantation retenu, il est nécessaire de bien s'assurer de la stabilité des conditions aux limites amont: c'est la raison pour laquelle les deux ou trois premiers panneaux sont, en fait, des épis submersibles prolongés jusqu'à la berge. La stabilité du dépôt d'alluvions qui se forme en aval des panneaux assure la formation du chenal à chaque décrue. (fig: 7.IV).

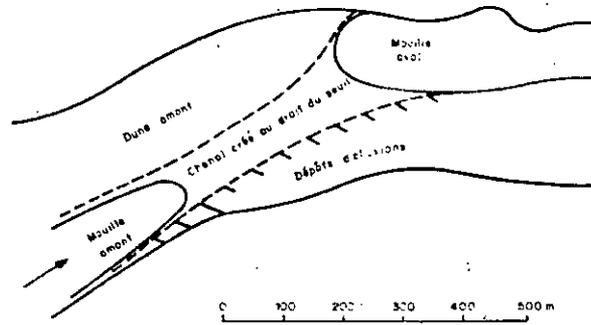
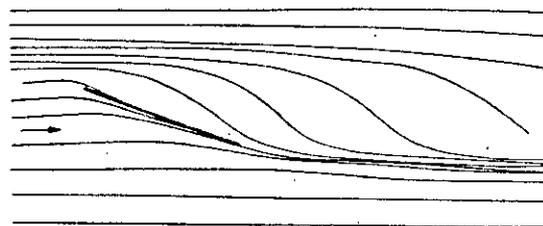


fig: 7.IV implantation des panneaux de fond



MODELE MATHÉMATIQUE



ESSAIS EN CANAL: Lignes de courant

--- Surface
— Fond

PARTIE 2

METHODE PROPOSEE

CHAPITRE V

ETUDE EXPERIMENTALE

I/ INTRODUCTION:

L'Algérie septentrionale est caractérisée par un climat méditerranéen littoral tempéré (étage bio-climatique semi-aride tempéré). Le régime pluviométrique est caractérisé par une sécheresse estivale élevée et un maximum pluviométrique durant les mois d'hiver (du mois DECEMBRE au mois de MARS).

Cependant, les précipitations produisent des concentrations en sédiments considérables atteignant en pointe des valeurs remarquables. Et qui peut être déblayer lors de la sécheresse estivale; à l'aide des simples moyens mécaniques, ou bien récupérer pour d'éventuelles utilisations industrielles.

Etant donné, que les apports de notre oued sont essentiellement des apports des crues.

Dans ce sens, une procédure est développée pour une conception rationnelle d'un système d'obstacles émergés, pour le contrôle et le captage des particules solides dans un canal à surface libre.

Le canal prismatique est à section rectangulaire.

Notre étude est basée sur l'évaluation de la quantité de vase déposée sous l'effet de tourbillons générés par des obstacles placés tout le long du canal.

II/ MODELE EXPERIMENTAL:

Le dispositif expérimental utilisé dans nos essais est constitué essentiellement de : (fig:1.V; photo 1a , 1b)

- a- un canal prismatique vitré.
- b- des obstacles en bois et en béton.
- c- un organe d'aménée de l' eau avec vanne de réglage du débit.

A/ Canal vitré:

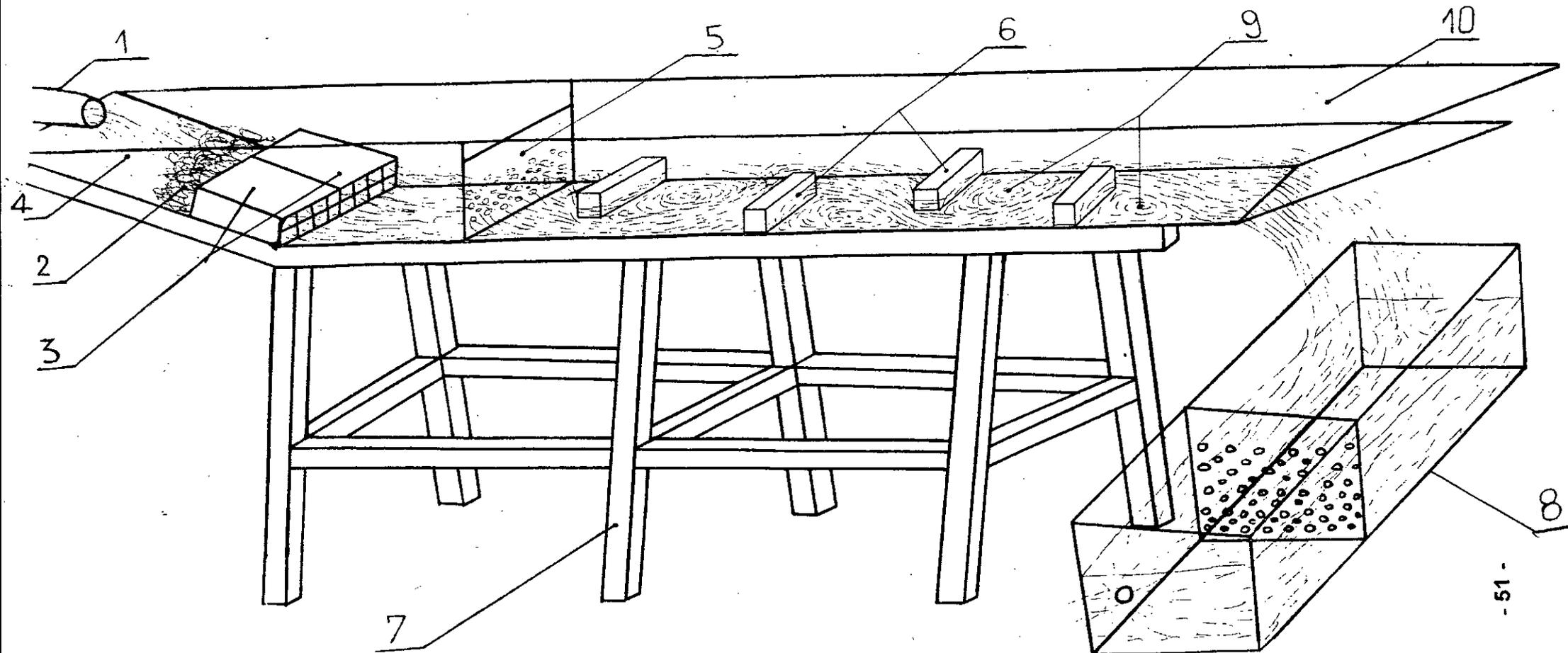
C'est un canal prismatique en matière plastique transparente, de longueur 8m, de largeur 40cm et de 40cm de hauteur. Le canal est horizontal posé sur des supports à 1,20m du sol. une grille de tranquillisation permet de distinguer deux parties différentes de ce canal:

Une partie amont:

- Elle présente elle même deux zones:
- une partie inclinée permettant l'alimentation en eau par une conduite en charge connectée à un réservoir. une vanne permet le réglage du débit. deux briques et une étoffe de copeaux y sont déposées afin de tranquilliser l'écoulement et d'éviter la formation de ressaut hydraulique à l'aval.
 - Une partie horizontale de 0,65m de longueur juste à l'amont de la grille. c'est le lieu où est effectué l'injection des particules solides.

La partie aval:

C'est le lieu qui intéresse notre étude, elle présente une longueur de 5,40m. Les obstacles y sont déposés suivant différentes dimensions et différentes distances. C'est aussi le siège de formation des tourbillons où s'effectuent les dépôts.



1- conduite en charge
2- une étoffe de copeaux

3- deux briques

4- partie amont inclinée

5- grille de tranquillisation

6- des obstacles en bois
(ou béton)

7- supports en bois

8- organe d'évacuation
et de mesure de débit

9- zone de dépôt à
l'aval

10- canal prismatique vitré

FIG1: schéma de l'installation

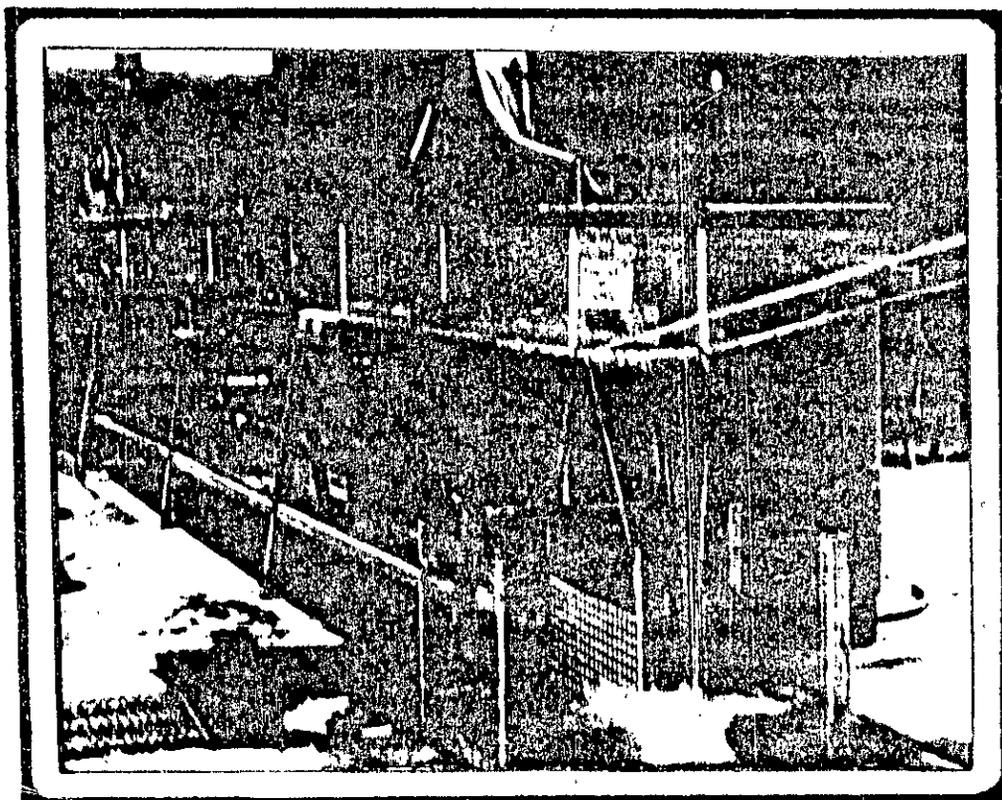


photo (1a) : vue de coté de l'installation

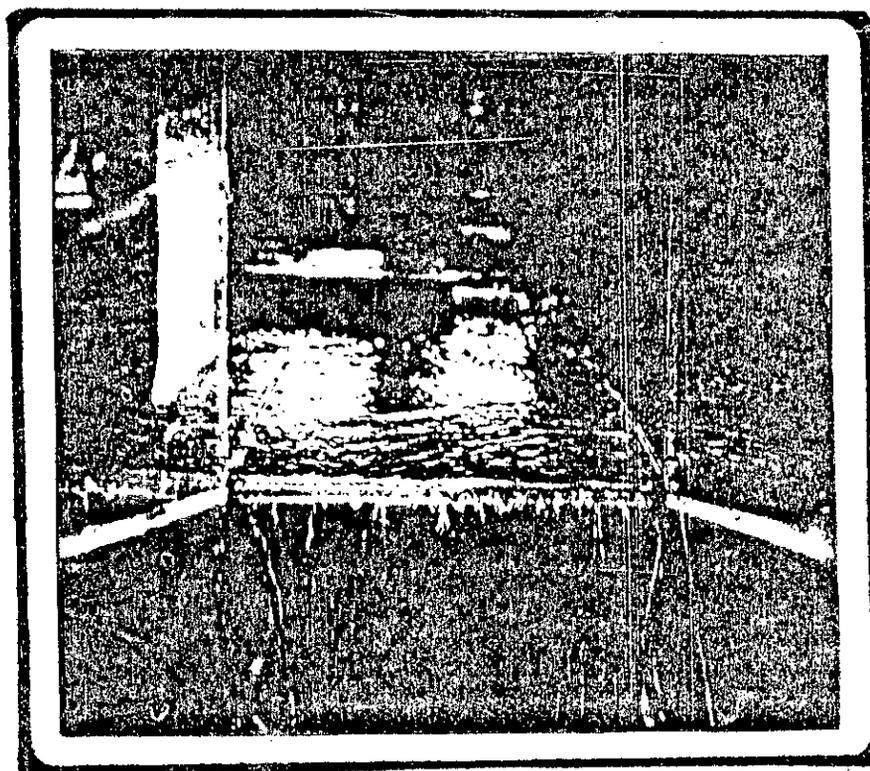


photo (1b) : vue de face du canal

B/ Les obstacles:

Ce sont des bases en béton et en bois de forme prismatique de trois catégories;

- la première est en béton de 30cm de longueur, 7cm de largeur et 8cm de hauteur.
- la deuxième est en bois de 20cm de longueur, 7cm de largeur et 8cm de hauteur.
- la troisième est aussi en bois de 10cm de longueur, 7cm de largeur et 8cm de hauteur.

tableau: 1.V catégories d'obstacles

catégorie	proportion hauteur/ longueur des obstacles	proportion longueur des obstacles/ largeur du canal
	H/L	L/B
1	0,27	0,75
2	0,40	0,50
3	0,80	0,25

C./ Dispositifs d'alimentation en eau du canal:

L' alimentation en eau du modèle se fait par l'intermédiaire d'une conduite en charge, elle même est alimentée à partir de la réserve d'eau (fonctionnement en circuit fermé) du laboratoire d'hydraulique de l'E.N.P.

III/ LA REALISATION DU MODELE EXPERIMENTAL:

La mise en état de fonctionnement du modèle expérimental a pris 1/3 du temps et de l'effort consacré à cette étude.

Le canal existant déjà, reste à trouver une méthode d'adduction de l'eau, et de son évacuation du canal ainsi qu'un ensemble de détails concernant la méthode d'injection de la vase, et de son récupération.

Après maintes essais, des résultats ont pu être obtenus.

La vase utilisée dans notre étude est la vase de l'oued EL-HARRACH, présentant des dimensions de grains de diamètres moyens équivalent de 10 micron, sa densité: $e = 2,65 \text{ g/cm}^3$.

IV/ TECHNIQUE EXPERIMENTALE:

La vanne (V) étant fermée, on procède en premier lieu à la fixation des obstacles sur le lit de la partie aval du canal selon divers distances.

La vanne (V) étant maintenant ouverte, on procède après établissement du régime d'écoulement à la mesure des hauteurs d'eau à l'amont de chaque obstacle.

La deuxième étape expérimentale est l'injection de la vase à l'amont de la grille.
la vase est préalablement pesée et mélangée avec une quantité d'eau en vue de séparer les particules solides et permettre leur diffusion et leur suspension.

un courant de densité sous forme à la sortie de la grille, puis se diffuse lentement dans le canal. le temps des expériences depuis l'injection de la vase jusqu'à la fermeture de la vanne est de l'ordre de 30 minutes. (voir photo 2: a,b,c,d) :

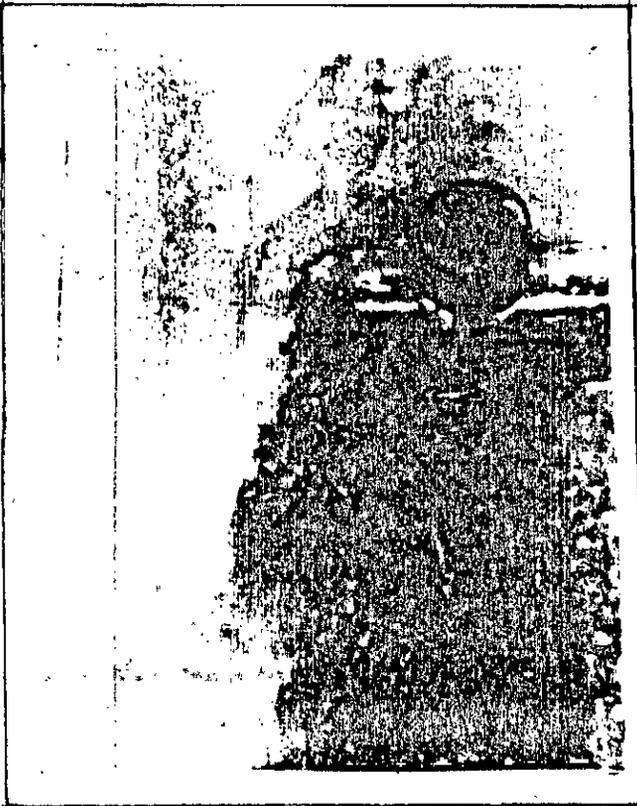


photo 2: b: formation d'un courant de densité

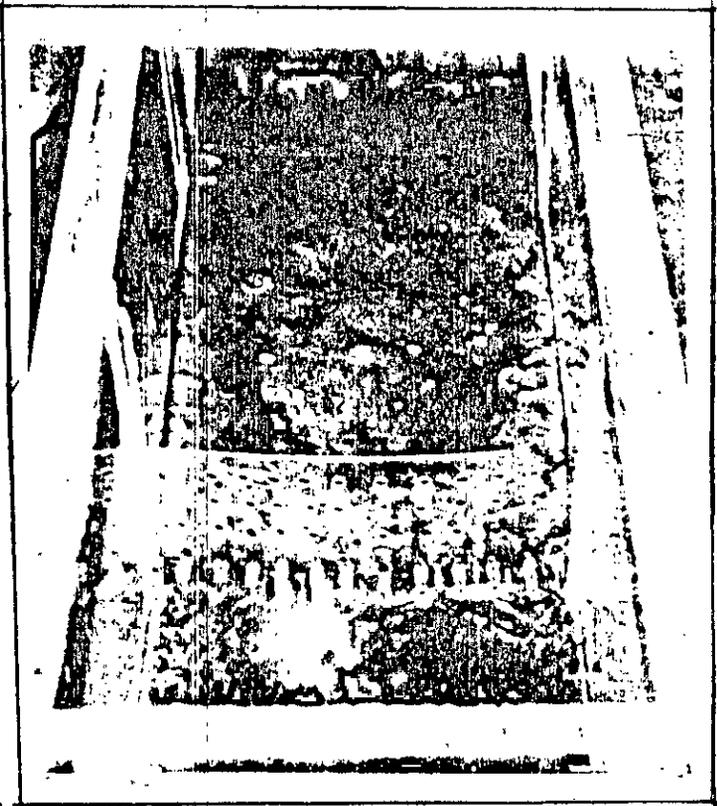


photo 2: a: injection

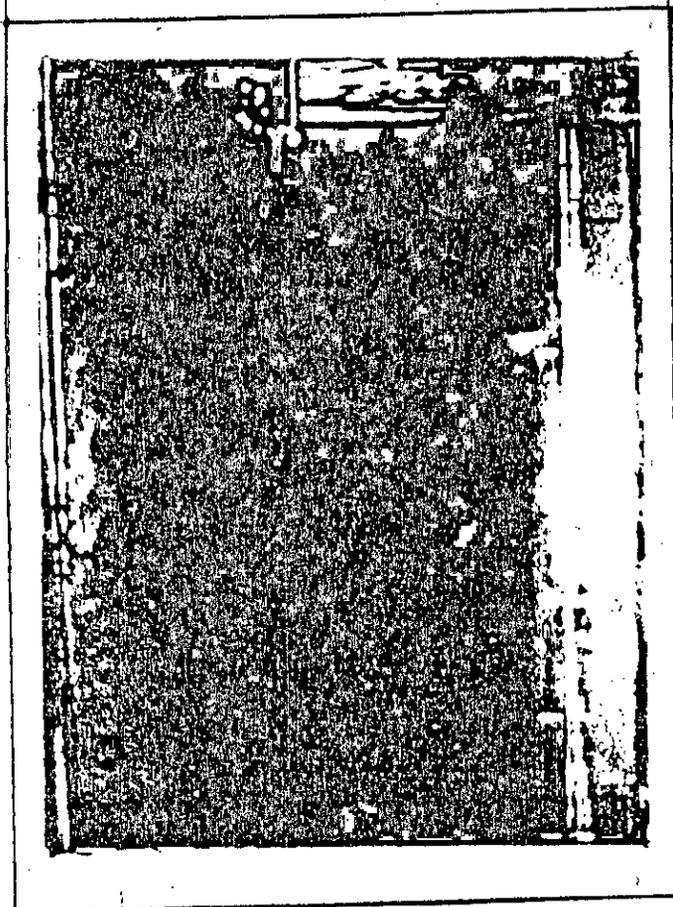


photo 2: c: diffusion



photo 2: d: commencement de la déposition

VI/ PROTOCOLE DE MESURE:

Les distances entre les obstacles ainsi que les hauteurs d'eau à l'amont des obstacles sont mesurées à l'aide d'une règle graduée.
Le débit est mesuré à l'aide de la formule $Q = V \cdot S$ avec

V: vitesse de l'écoulement; $V = \sqrt{2g \cdot H}$

H: la hauteur d'eau dans le bassin partir du trou du bassin.

g: pesanteur

S: la section du trou d'injection du bassin ; $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$

D: diamètre du trou .

Après séchage du canal, les quantités de sédiments déposés entre les obstacles sont récupérées une à une dans des morceaux du papier d'aluminium portant des indications sur l'expérience réalisée et la zone de dépôt de chaque quantité.

Après séchage à l'étuve, une balance électronique permettra de peser chaque quantité avec une bonne précision.
L'efficacité des différentes catégories et distances d'obstacles a pu ainsi être évaluée .

La masse injectée dans nos essais est de 100grammes à laquelle on doit enlever les quelques grammes de grosses particules (sable fin) qui se déposent instantanément à l'amont de la grille lors de l'injection.

VI/ DIFFERENTES VARIANTES DE DISPOSITION QUI ONT ETÉ ETUDIÉES:

Quatre variantes de disposition ont été étudiées, la première variante est réalisée avec des petits obstacles de 10cm de longueur, disposés deux en amont, l'un face à l'autre de deux côtés du canal, puis un troisième à l'aval des deux premiers obstacles juste au milieu, ce système de succession est conservé tout au long du canal (fig: 2.V).

Cette variante de disposition a été éloignée à cause de son faible rendement.

Les trois autres variantes de disposition ont été réalisées avec des moyens obstacles de longueur de 20cm. l'une en forme d'épis (fig: 3.V), l'autre en épis interchangeés (fig: 4.V), et la troisième en chicane. cette dernière disposition a donnée un meilleur rendement avec un espacement de 80cm entre deux obstacles successif .

La deuxième partie a été consacrée pour l'étude de l'effet de l'inclinaison des obstacles par rapport à la paroi, les résultats obtenus sont représentés dans la

(fig: 6.V), où on remarque clairement le détachement apparait entre tracés des inclinaisons 90° et 120° , et les autres inclinaisons .

le rendement pour ces deux inclinaisons est pratiquement constant .

Par voie de conséquence de ces résultats, nous avons choisi pour notre étude la classe de disposition en chicane avec un angle de 90° , et un espacement varie entre 40 à 100cm à rythme de 20cm.



fig: 2.V variante 1.

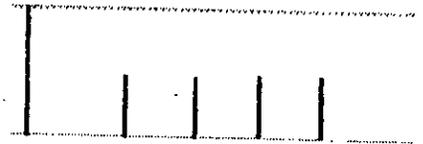


fig: 3.V variante 2, disposition en forme d'épis



fig: 4.V variante 2, disposition en épis interchangé



fig: 5.V variante 2, disposition en chicane

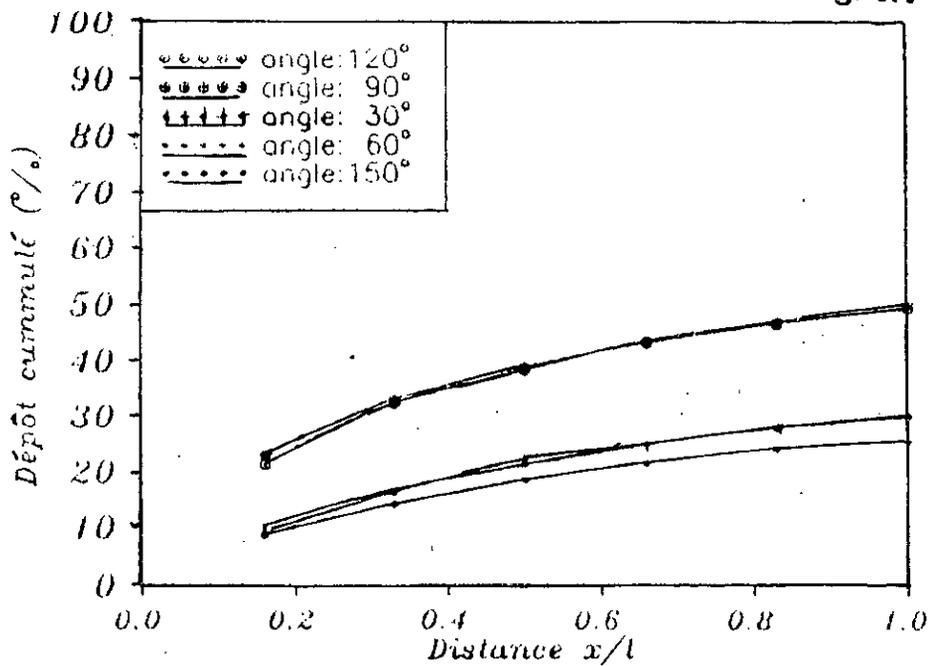


fig: 6.V comparaison des rendements des inclinaisons d'obstacles pour la distance $L = 80\text{cm}$

VII/ DESCRIPTION DU PHENOMENE DE TOURBILLON:

Etant donné que les caractéristiques de l'écoulement biphasique à faible concentration des particules solides sont les mêmes que d'un écoulement monophasique, une idée rationnelle serait d'évaluer l'effet de phénomène de tourbillons. tel que la mise en place d'un obstacle à l'aval du premier sous forme de disposition en chicane crée une certaine interaction se manifestant par un mouvement hélicoïdal en forme de tourbillon. (fig: 7.V)

La formation de tourbillon résulte essentiellement de la réduction de l'énergie cinétique se qui implique une diminution de la vitesse de l'écoulement, donc une augmentation de la hauteur d'eau au niveau de l'obstacle, ce phénomène crée donc des centrifugations locales de l'écoulement entre les obstacles.

Par voie de conséquence, plus on va dans le sens aval-amont, plus l'intensité du phénomène de tourbillon augmente.

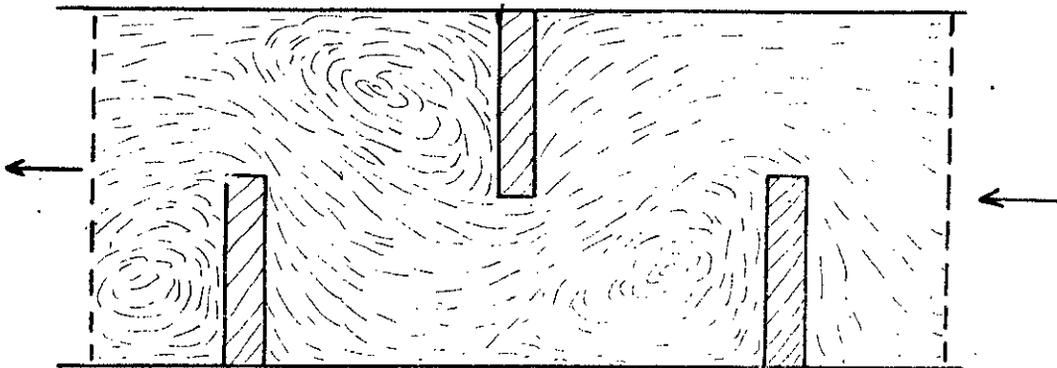


fig:7.V

CHAPITRE VI

ANALYSE ET INTERPRETATION

II/ INTRODUCTION:

Pour atteindre l'objectif principal que s'est fixé notre étude, trois séries d'expériences ont été réalisées en vue de savoir l'influence de dimension de l'obstacle, du débit et de l'espacement entre les obstacles.

La première série d'expérience est réalisée par des grands obstacles de rapport $B / L = 75\%$.

La deuxième par des moyens obstacles de rapport $B / L = 50\%$.

La troisième par des petits obstacles de $B / L = 25\%$.

Les trois séries feront l'objet d'une étude qualitative et quantitative.

III/ DESCRIPTION ET ANALYSE EXPERIMENTALE:

Après l'injection de la vase, un courant de densité se forme à la sortie de la grille, les fillets liquides en pénétrant dans la partie élargie entre obstacles, et sépanouissent suivant des courbes telles que dans les angles se produisent des mouvements tourbillonnaires non translatoires, de sorte qu'il existe dans la masse liquide considérée deux zones distinctes: d'une part une veine principale dans laquelle s'effectue le mouvement liquide et qui constitue la veine vive, d'autre part une zone d'eau morte à l'aval de chaque obstacle qui ne participe pas à l'écoulement, c'est le lieu où s'effectue le dépôt des particules solides, du fait d'une réduction brutale de la vitesse de l'écoulement, et une augmentation de la vitesse de chute des particules solides au niveau de cette zone.

Au fur et à mesure que la vitesse du courant s'accroît, l'intensité de la turbulence s'accroît également, et l'épaisseur de la couche turbulente diminue.

On arrive finalement à un stade où la concentration des particules solides devient moins importante dans l'eau à une certaine distance du dernier obstacle où le dépôt devient pratiquement nul.

III/ PREMIERE SERIE D'ESSAI (grands obstacles):

III-1/ Analyse qualitative:

- Cette série d'essai correspond aux grands obstacles de rapport $L/B=75\%$

où 12 expériences ont été réalisées, en vue de savoir l'influence du débit et l'espacement entre les obstacles.

- Le fait d'implenter des grands obstacles sous forme de disposition en chicane, crée un rétrécissement brutal dans le lit du canal, donc en provoquant un exhaussement du tirant d'eau.

- Les deux premiers zones de dépôts entre le premier et le troisième obstacle sont plus étalées dans le sens transversal et longitudinal. (photo: 2.1,2.2)

- La première zone marque un dépôt très intense qui suit le parcours du courant principale, ce phénomène est due à la dissipation de l'énergie cinétique de l'écoulement très chargé par les particules solides; ce qui favorise le dépôt dans cette zone.

A partir de la troisième obstacle les zones de dépôts ont tendance à ce rétrécir.

(photo: 2.3,2.4)

Ceci est dû essentiellement au fait de l'augmentation de la vitesse et d'autre part au diminution de la concentration en particules solides.

III-2/ Analyse quantitative:

- Les mesures de la vitesse de l'écoulement est effectuée à l'aide d'un tube de pitot , cette vitesse augmente dans le sens amont-aval, et varie entre l'amont du premier et le dernier obstacle pour chaque variation de débit.

- La hauteur d'eau diminue de l'amont du premier obstacle vers l'amont du dernier obstacle pour chaque variation de débit.

- Ainsi les valeurs des mesures de la vitesse et de la hauteur d'eau pour chaque variation de débit sont données dans le tableau suivant:

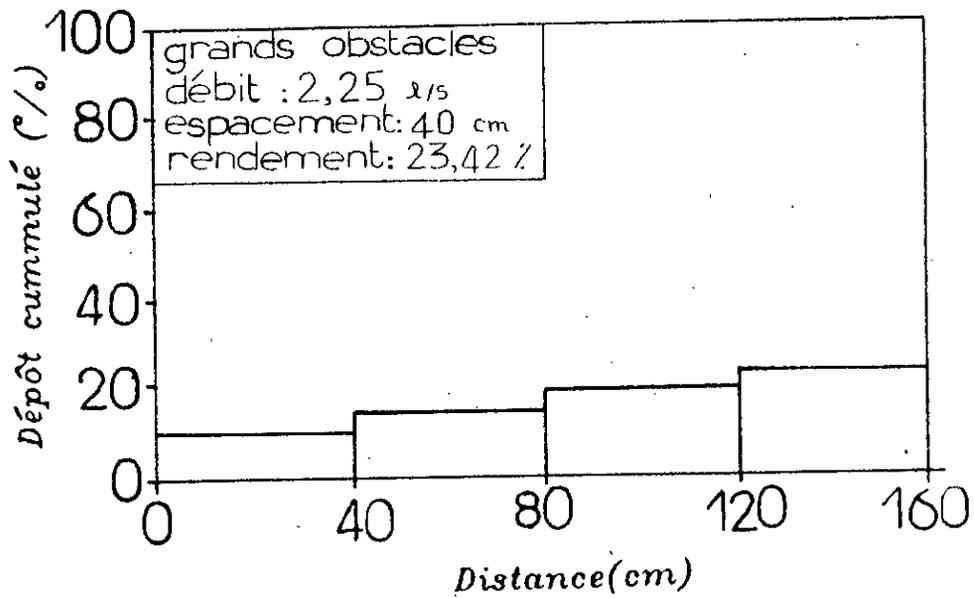
débits(l/s)	premiers obstacles		derniers obstacles	
	vitesses(m/s)	hauteurs(cm)	vitesses(m/s)	hauteurs(cm)
2,25	3	7	4,20	4
1,83	2,30	6	3,40	3,50
1,26	1,60	5,50	2,60	2,80

tableau: 1.VI mesures des vitesses et des hauteurs d'eau.

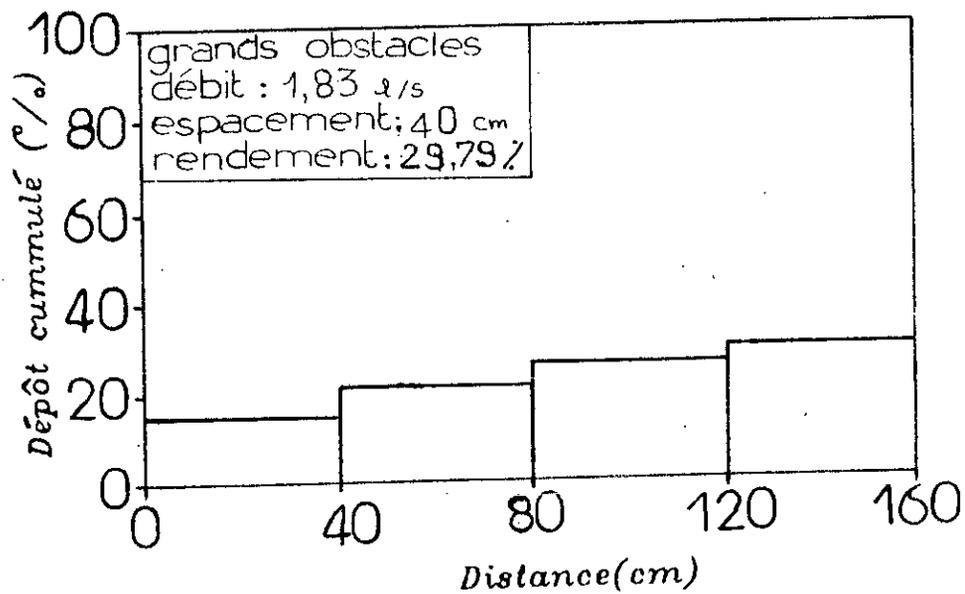
- Nos résultats obtenus sont représentés sous forme d'histogrammes; les dépôts cummulés en (%) sont représentés en ordonné, la distance (cm) en abscisse.

- Ainsi ces résultats obtenus pour les différentes distances 40,60,80 et 100cm et différentes variations de débit de 2,25, 1,83 et 1,26 l/s ont permis de conclure, que la distance 60cm pour un faible débit de 1,26 l/s, représente la distance optimale d'éloignement successif des grands obstacles (fig:1.2.c) elle donne un rendement de l'ordre de 69%; tout en sachant que la distance 60cm permet d'économiser la mise en place d'un obstacle. elle est d'un point de vue général l'optimum.

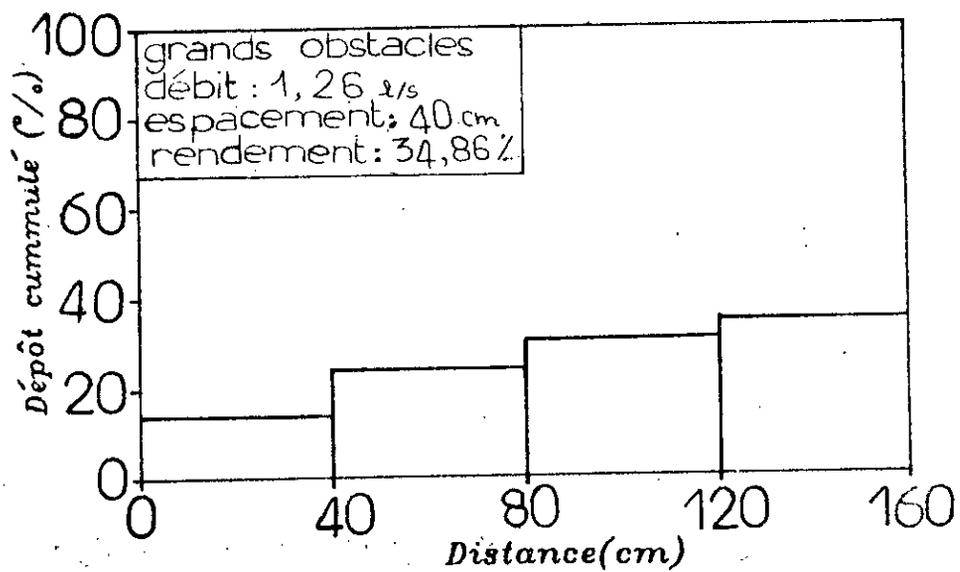
On voit bien, c'est la figure (1), que la distance 60cm se détachent nettement des autres distances.



Fig(1.1.a)

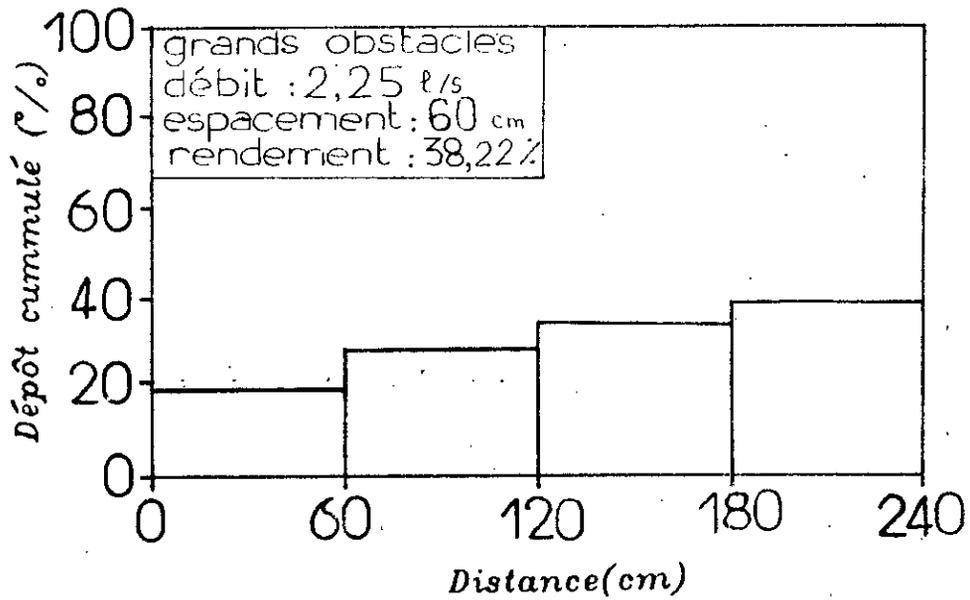


Fig(1.1.b)

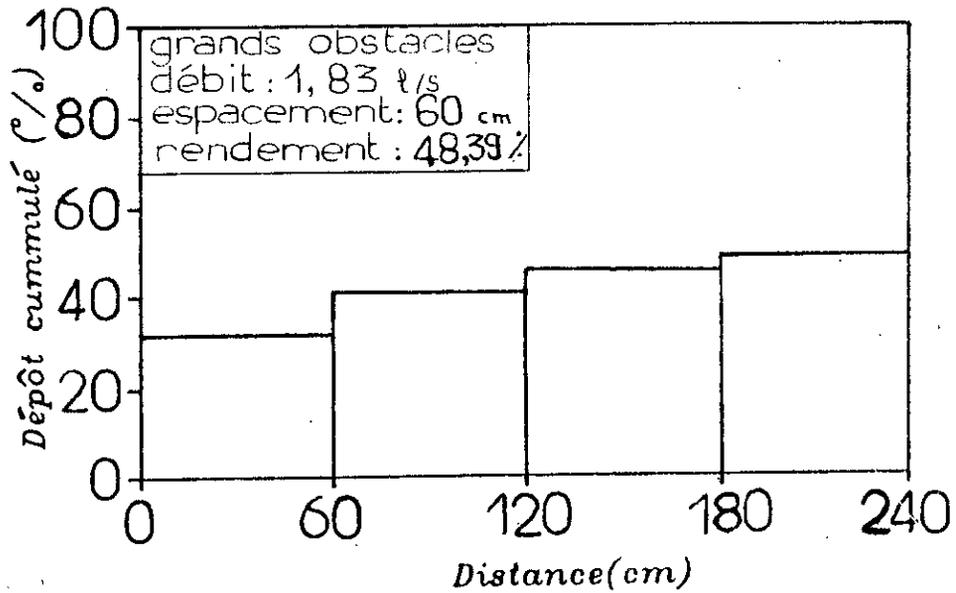


Fig(1.1.c)

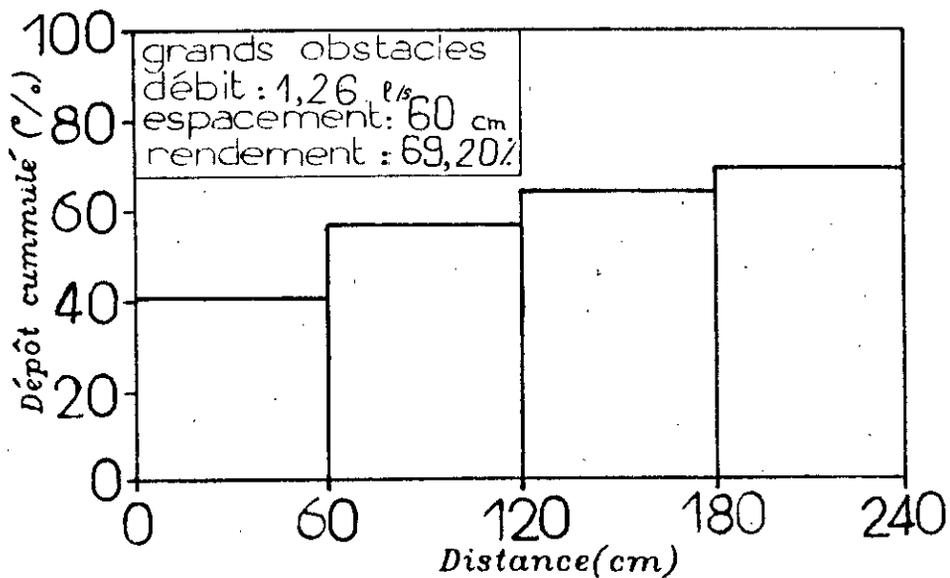
Fig(1.1): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(1.2.a)

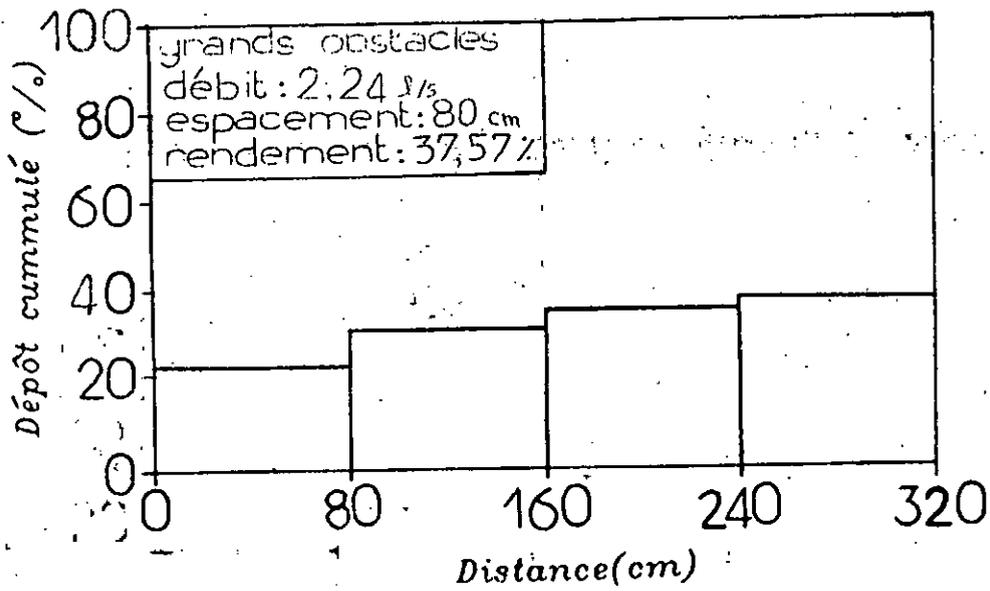


Fig(1.2.b)

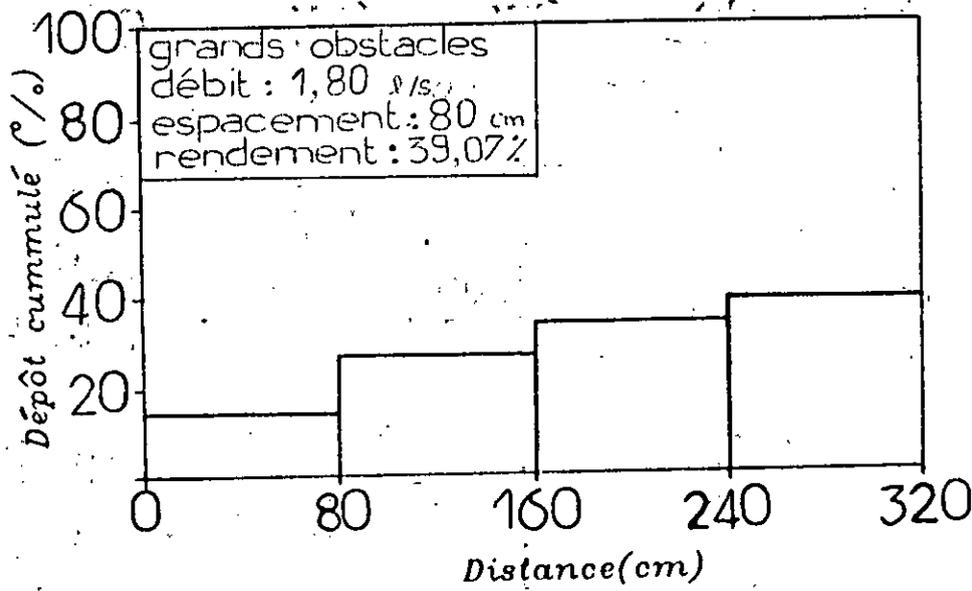


Fig(1.2.c)

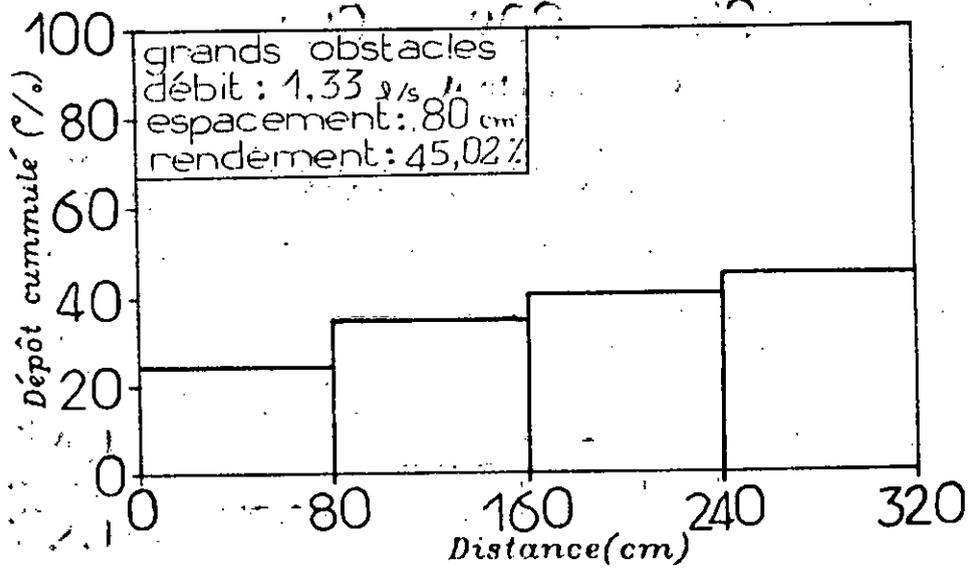
Fig(1.2): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(1.3.a)



Fig(1.3.b)



Fig(1.3.c)

Fig(1.3): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles

photo:2.1 zone de dépôt
à l'aval du 1ère obstacle



photo:2.2 zone de dépôt
à l'aval du 2ème obstacle

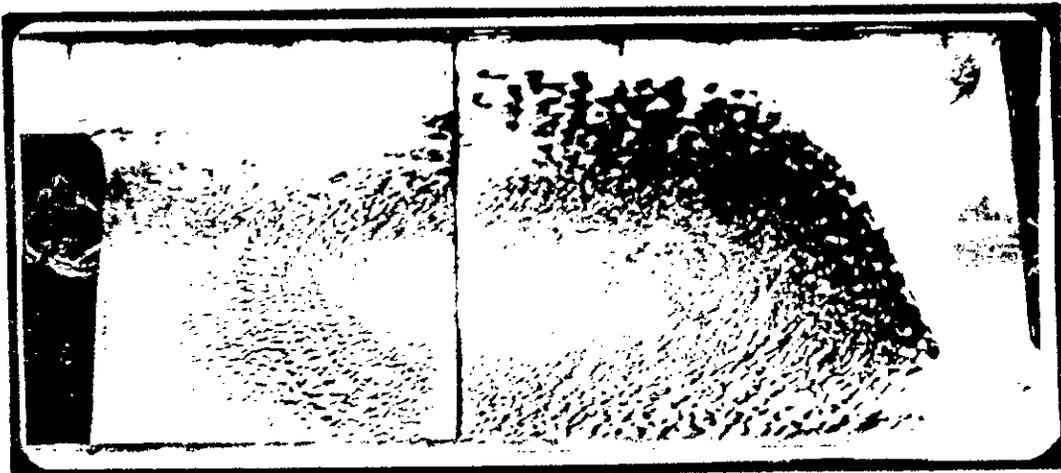


photo:2.3 zone de dépôt
à l'aval du 3ème obstacle



photo:2.4 zone de dépôt
à l'aval du 4ème obstacle



photos (2): visualisation d'evolution des dépôts
à l'aval des grands obstacles

IV/ DEUXIEME SERIE D'ESSAI (moyens obstacles):

IV-1/ Analyse qualitative:

- Cette série d'essai est réalisée par des moyens obstacles de rapport $L/B=50\%$, en faisant varier le débit et l'espacement entre les obstacles , le nombre d'expériences pour cette série est également 12.
- L'aval du premier obstacle est la zone de dépôt maximal quelque soit le débit.
- Un tri granulométrique qui suit l'écoulement principale est apparait clairement.
(photo:3.1)
- La limite de contact entre le courant principale et le courant tourbillonnaire présente un dépôt intense provoquant par le changement de la direction en réduisant la vitesse.
- La zone de dépôt à l'aval du deuxième obstacle ressemble la première dans la forme, avec un dégradation de la quantité de sédiment déposée.
(photo:3.2)
- L'aval du troisième et quatrième obstacles présente deux zones de dépôts semblables dans la forme, mais quantitativement sont légèrement différents.
(photo:3.3, 3.4)

IV-2/ Analyse quantitative:

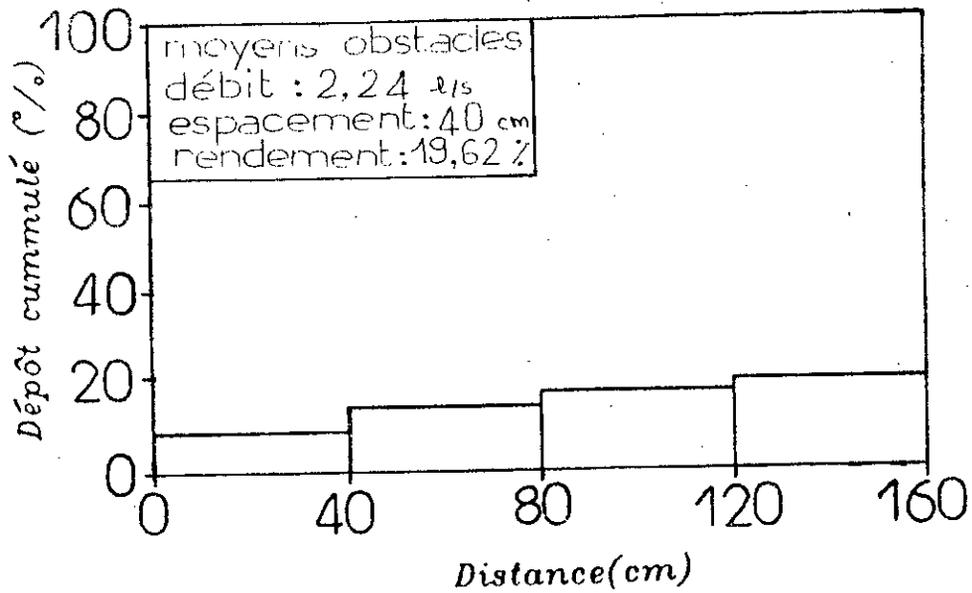
- Les mesures de la vitesse et de la hauteur d'eau à l'amont du premier et le dernier obstacle pour chaque variation de débit sont données dans le tableau suivant:

débits(l/s)	premiers obstacles		derniers obstacles	
	vitesse(m/s)	hauteurs(cm)	vitesse(m/s)	hauteurs(cm)
2.19	3.80	5.60	5	3.20
1.78	3.10	4.50	4.40	2.90
1.28	2.50	3.70	3.60	2.30

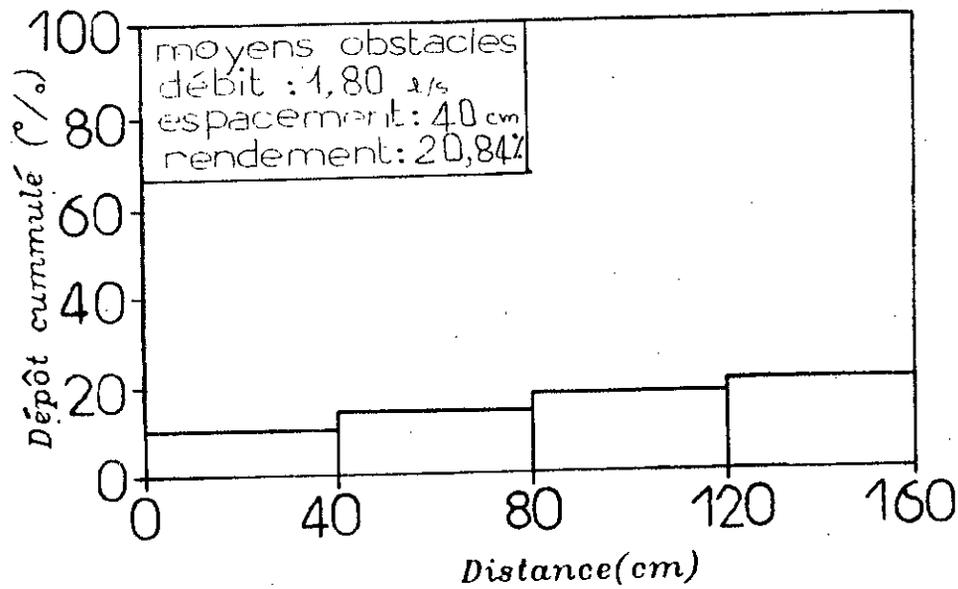
tableau:2.VI mesures des vitesses et des hauteurs d'eau.

- Les résultats obtenus pour cette deuxième série d'essai ont permis de conclure que la distance 80cm pour un faible débit de l'ordre de 1.28 l/s, représente la distance optimale d'éloignement successif pour les moyens obstacles (fig:2.3.c), elle donne un rendement de l'ordre de 56%.

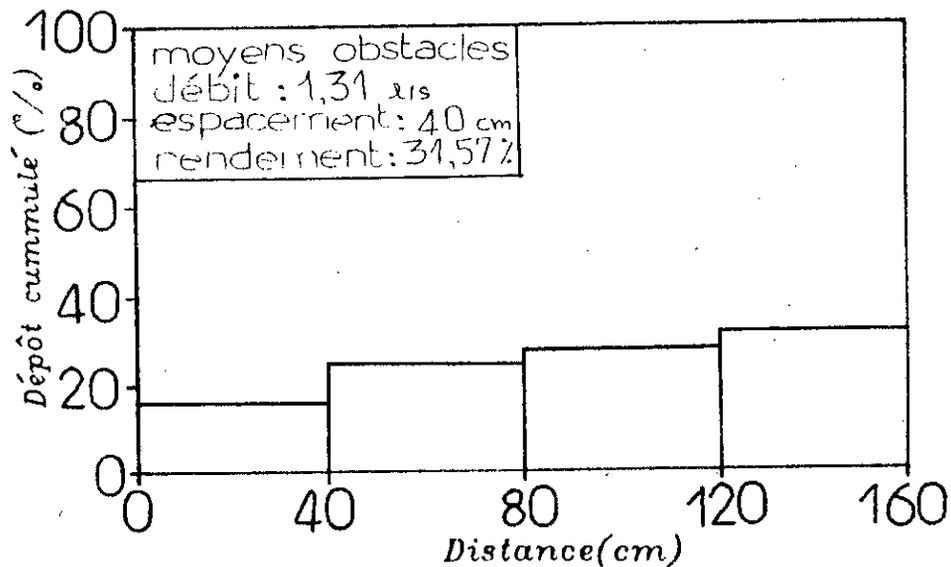
On voit bien, sur la figure(2), que la distance 80cm se détachent nettement des autres distances 40, 60, et 100cm.



Fig(2.1.a)

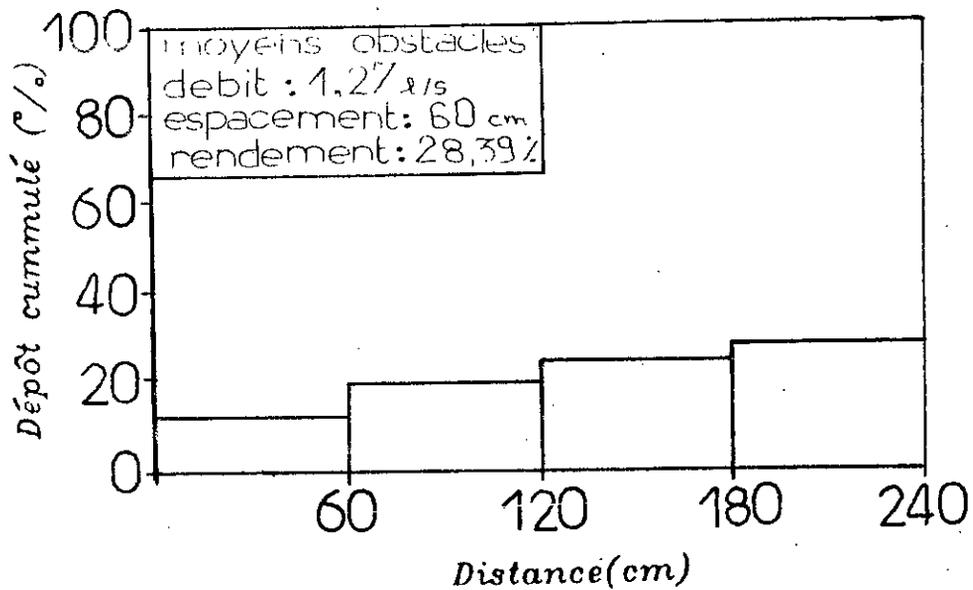


Fig(2.1.b)

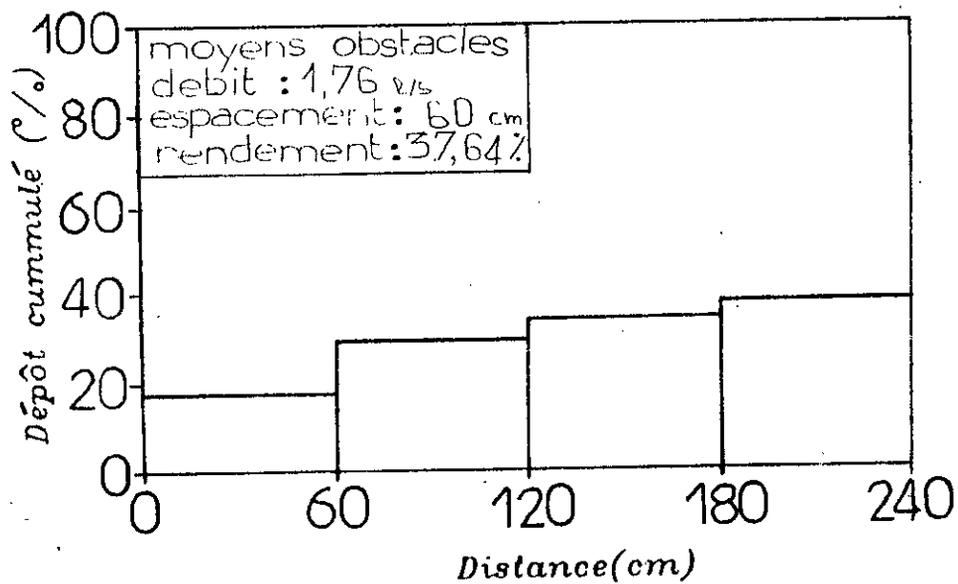


Fig(2.1.c)

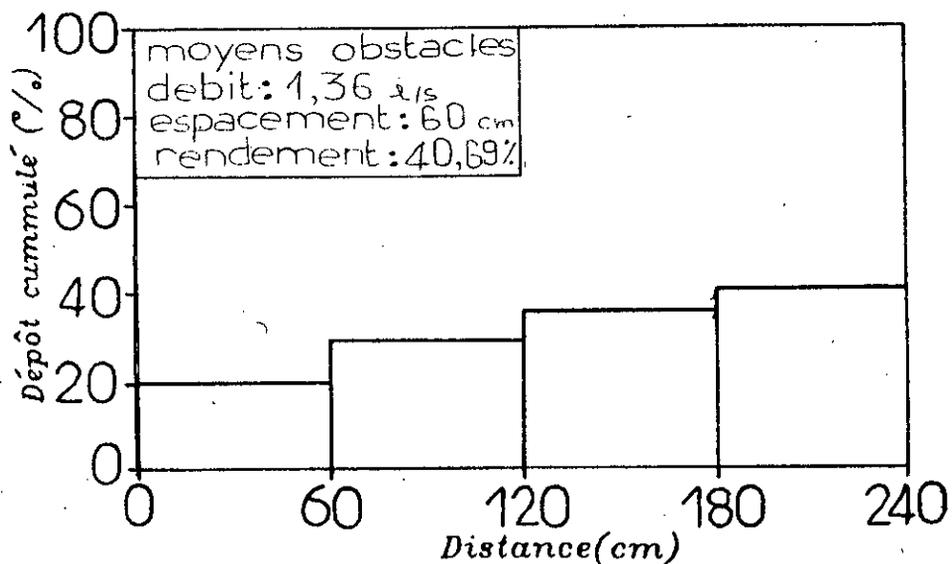
Fig(2.1): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(2.2.a)

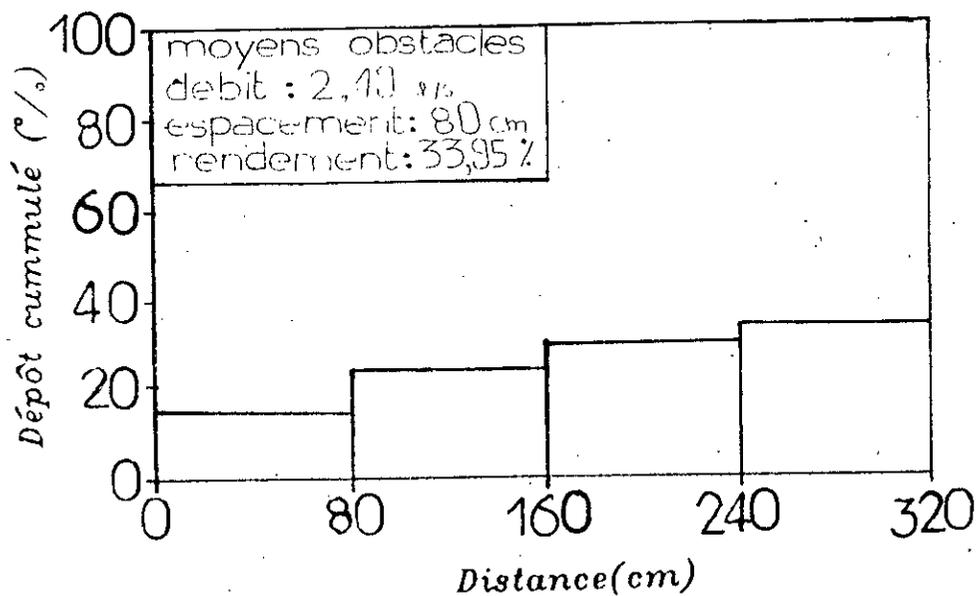


Fig(2.2.b)

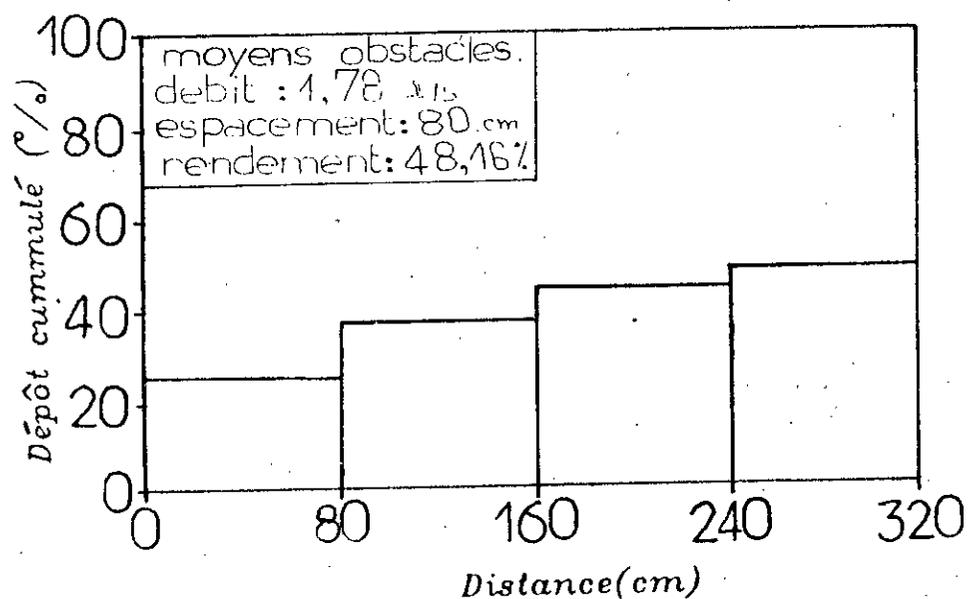


Fig(2.2.c)

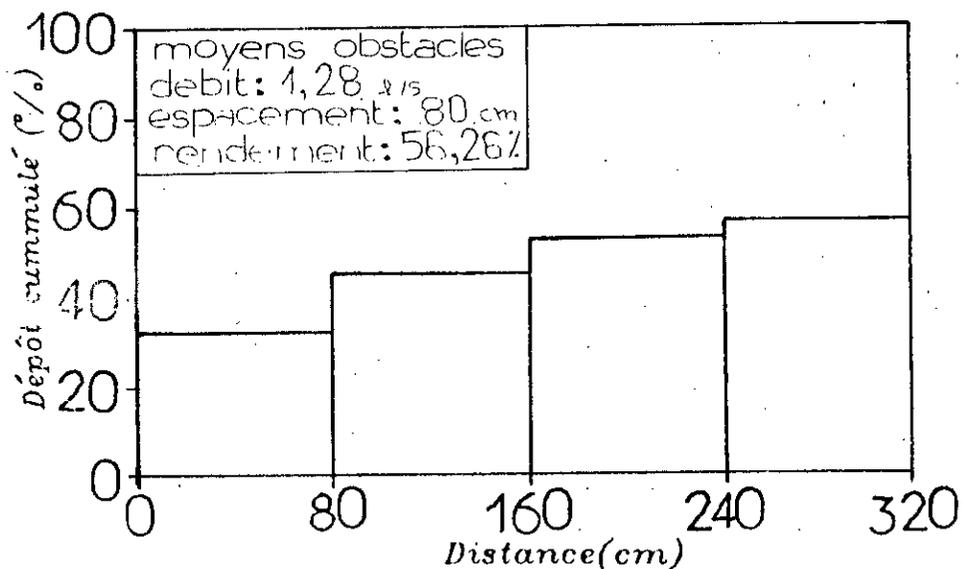
Fig(2.2): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(2.3.a)

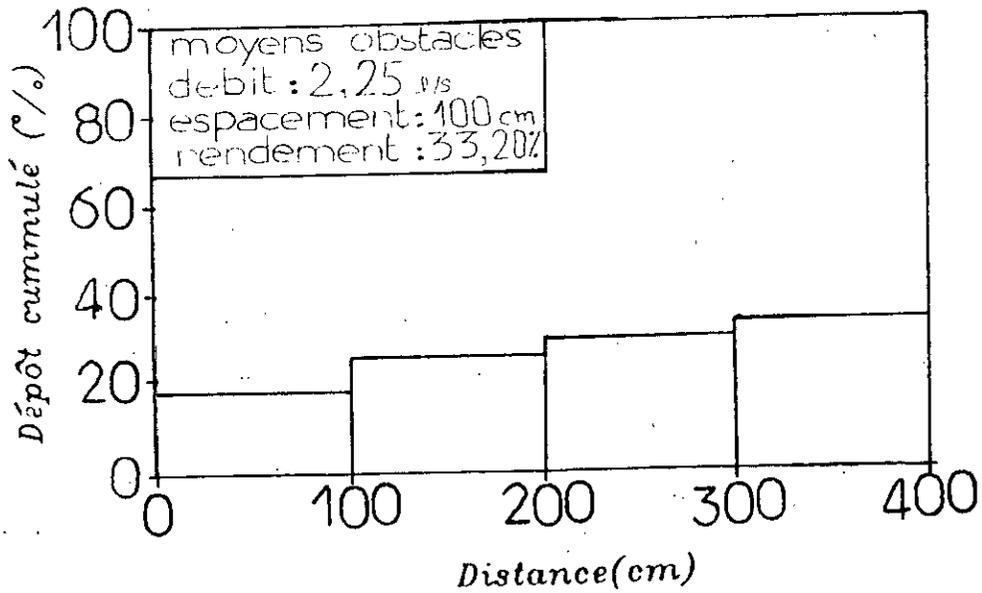


Fig(2.3.b)

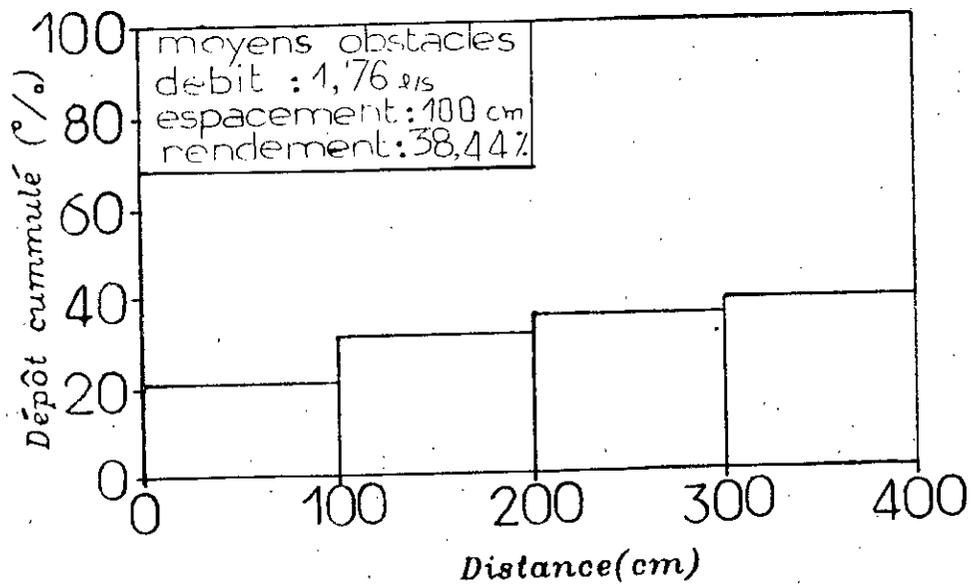


Fig(2.3.c)

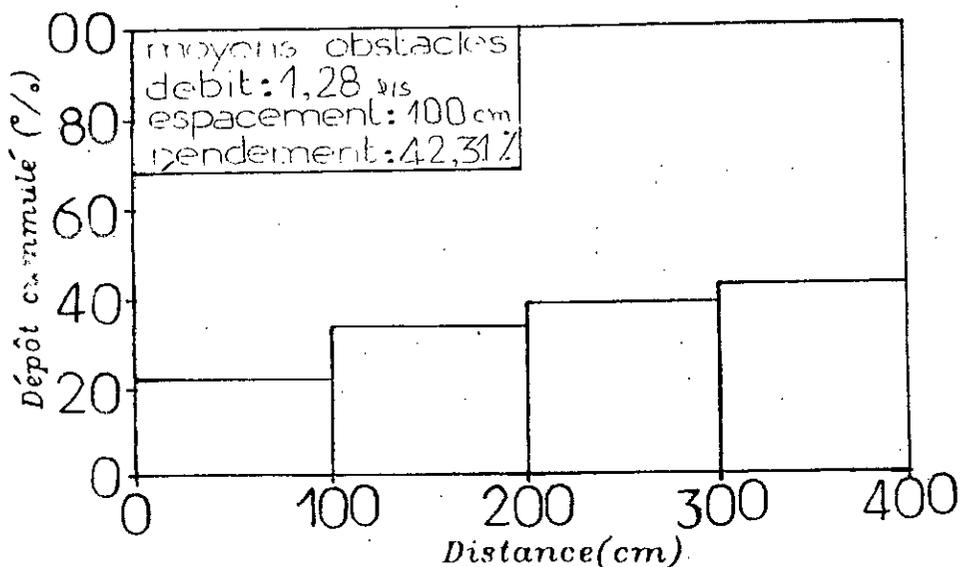
Fig(2.3): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles.



Fig(2.4.a)



Fig(2.4.b)



Fig(2.4.c)

Fig(2.4): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles

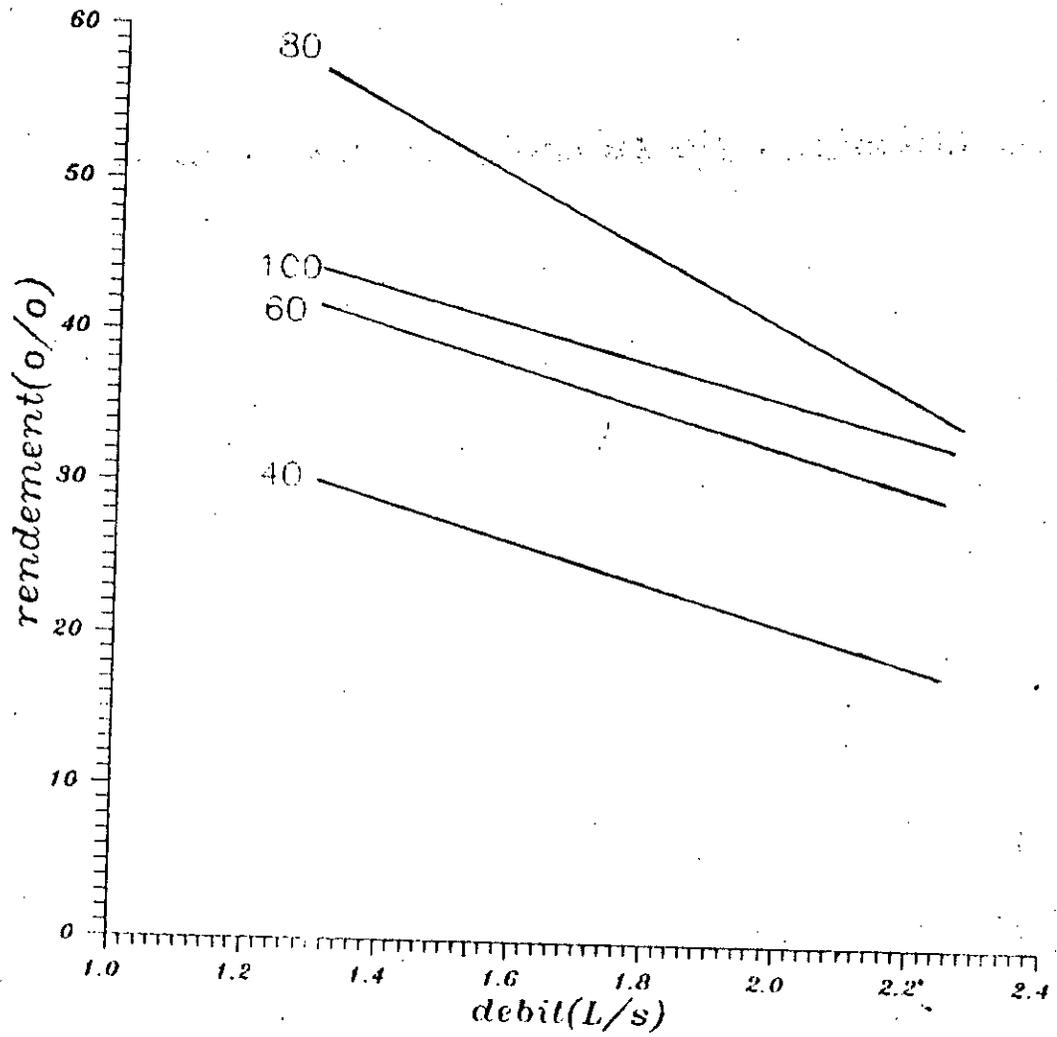


fig:2 comparaison entre differentes distances

photo:3.1 zone de dépôt
à l'aval du 1ère obstacle



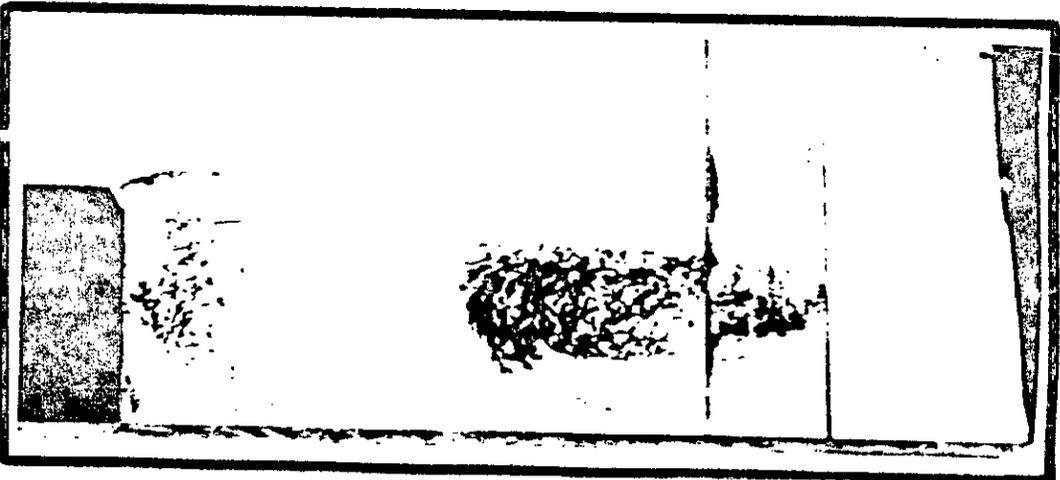
photo:3.2 zone de dépôt
à l'aval du 2ème obstacle



photo:3.3 zone de dépôt
à l'aval du 3ème obstacle



photo:3.4 zone de dépôt
à l'aval du 4ème obstacle



photos (3): visualisation de l'evolution des dépôts
à l'aval des moyens obstacles.

VI/ TROISIEME SERIE D'ESSAI (petits obstacles):

V-1/ Analyse qualitative:

- La troisième série d'essai est réalisée par des **petits** obstacles de rapport $L/B=25\%$.

En suivant les mêmes étapes que les deux séries précédentes.

-Les deux premières zones de dépôts entre le premier et le troisième obstacle sont plus étalées dans le sens longitudinal. (photo: 4.1, 4.2)

-Un tri granulométrique ondulée est déposé le long du canal.

-Les deux dernières zones de dépôts sont localisées à l'amont du quatrième et cinquième obstacle en occupants un espace restreint du lit de canal. (photo:4.3, 4.4)

V-2/ Analyse quantitative:

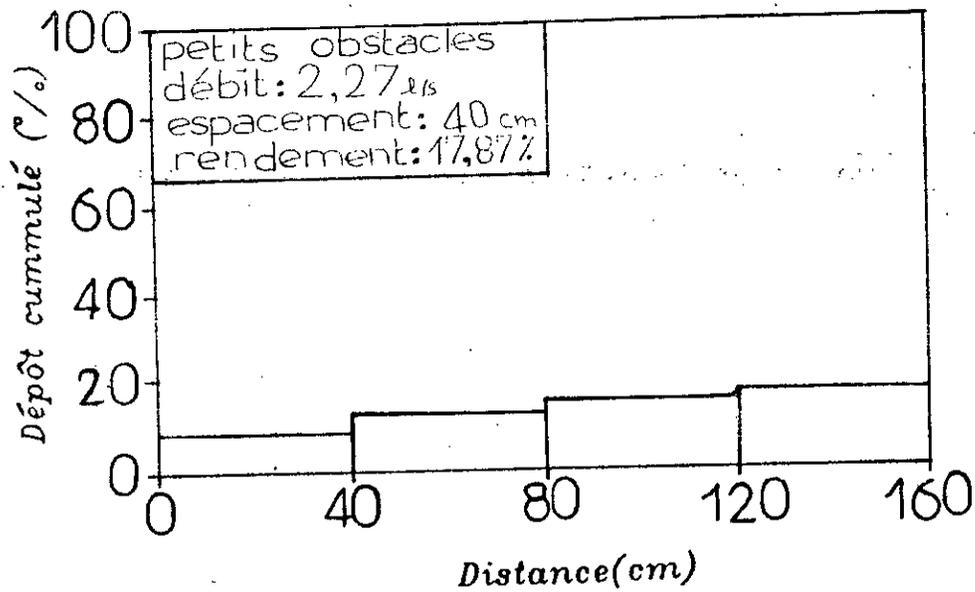
- Les mesures de la vitesse et de la hauteur d'eau à l'amont du premier et le dernier obstacle pour chaque variation de débit sont données dans le tableau suivant:

débits(l/s)	premiers obstacles		derniers obstacles	
	vitesse(m/s)	hauteurs(cm)	vitesse(m/s)	hauteurs(cm)
2.24	4.80	4.40	6	2.80
1.86	4.10	4	5.40	2
1.33	3.20	3.20	4.60	1.40

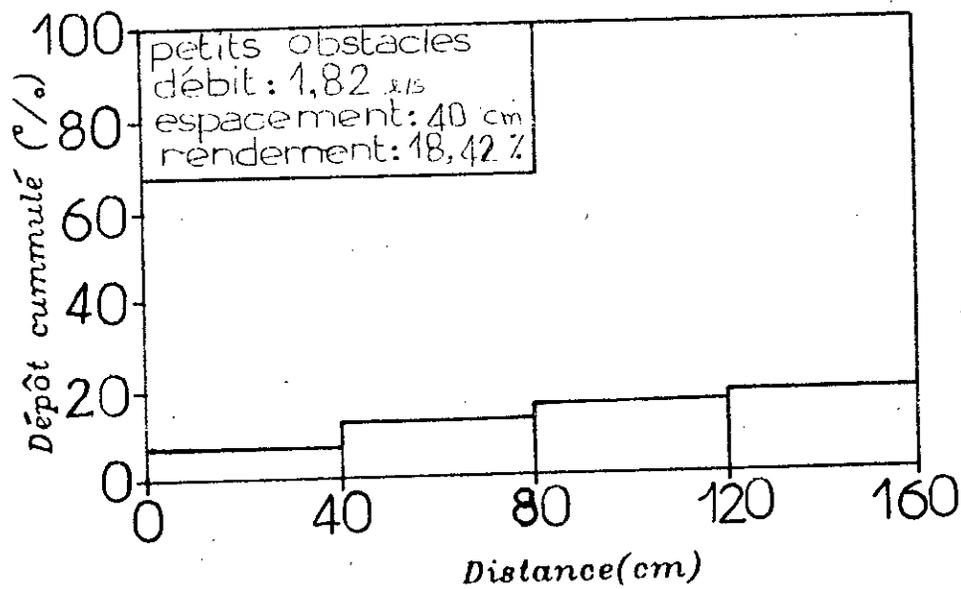
tableau : 3.VI mesures des vitesses et des hauteurs d'eau.

- Les résultats obtenus dans cette troisième série d'essai, permis de conclure que la distance 100cm pour un faible débit de l'ordre de 1.33 l/s, représente la distance optimale d'éloignement successif pour les petits obstacles (fig: 3.4.c), elle donne un rendement de l'ordre de 50%.

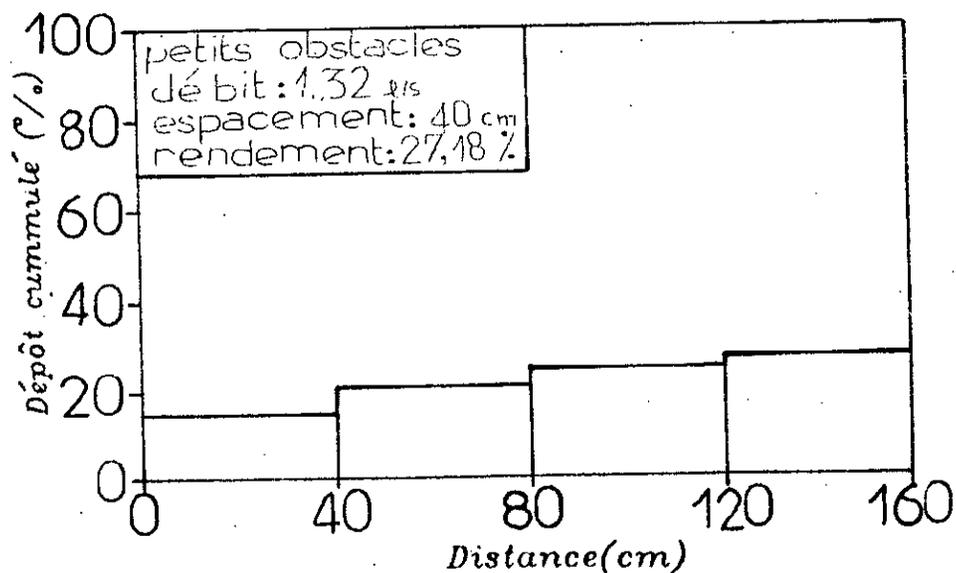
on voit bien sur la figure(3), que la distance 100cm se détachent nettement des autres distances 40,60et 80cm.



Fig(3.1.a)

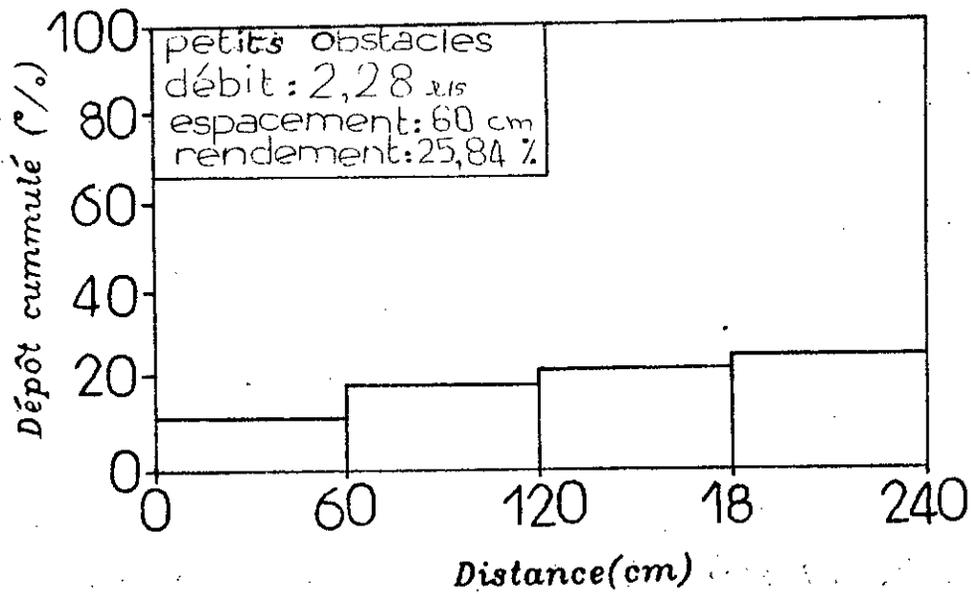


Fig(3.1.b)

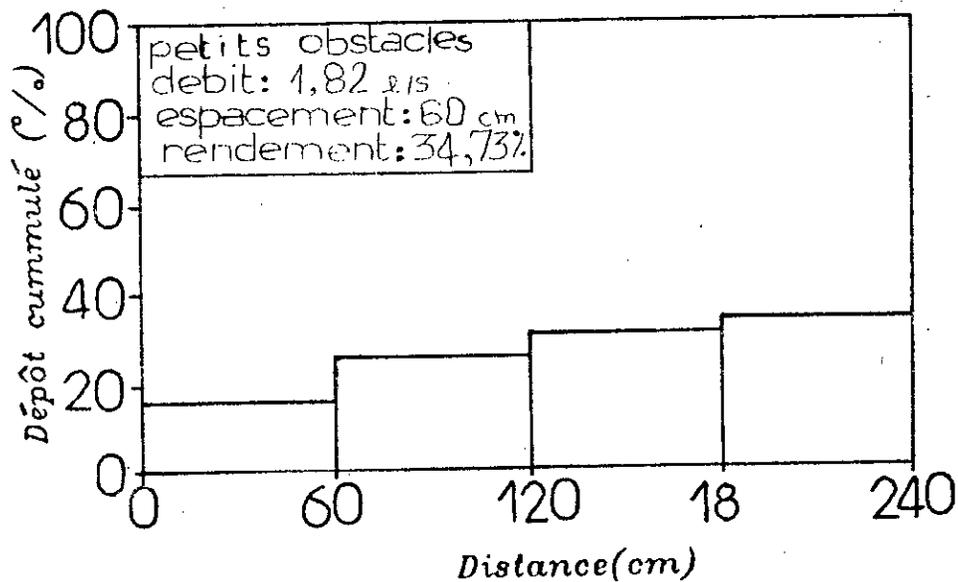


Fig(3.1.c)

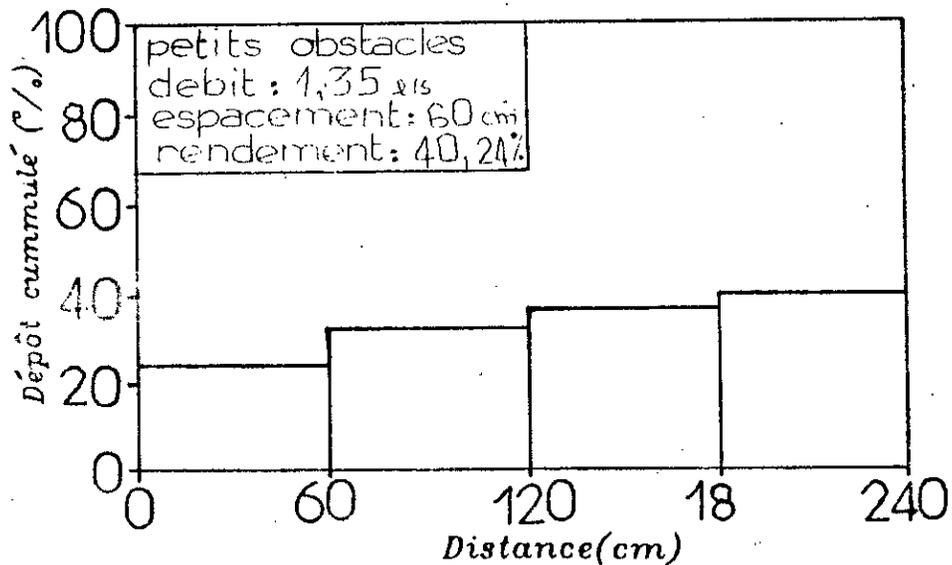
Fig(3.1): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(3.2.a)

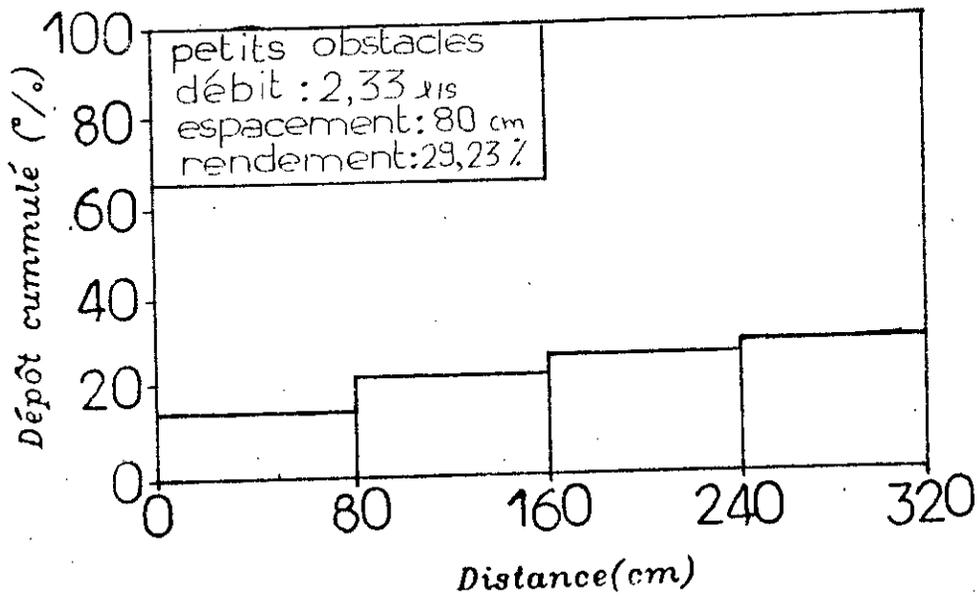


Fig(3.2.b)

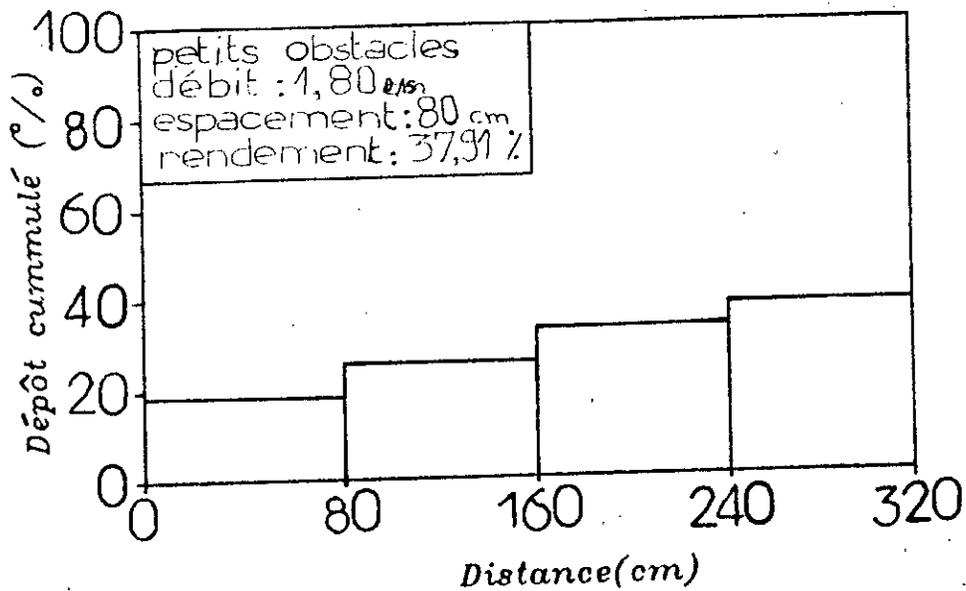


Fig(3.2.c)

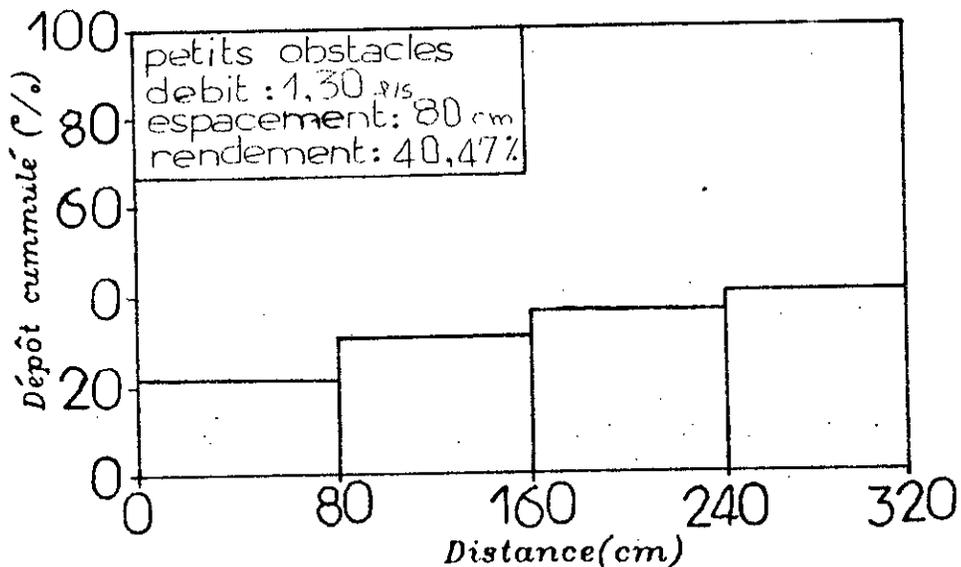
Fig(3.2): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(3.3.a)

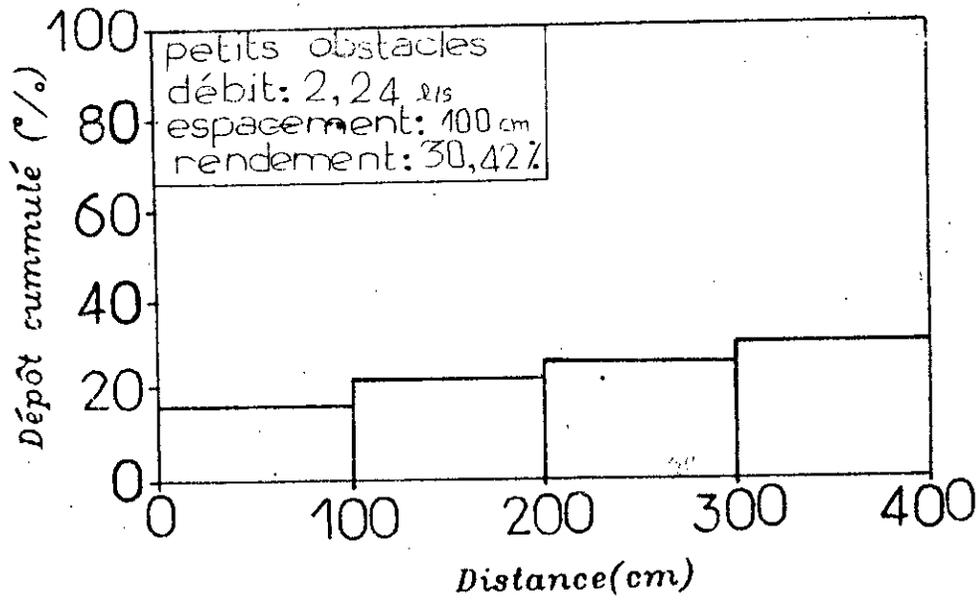


Fig(3.3.b)

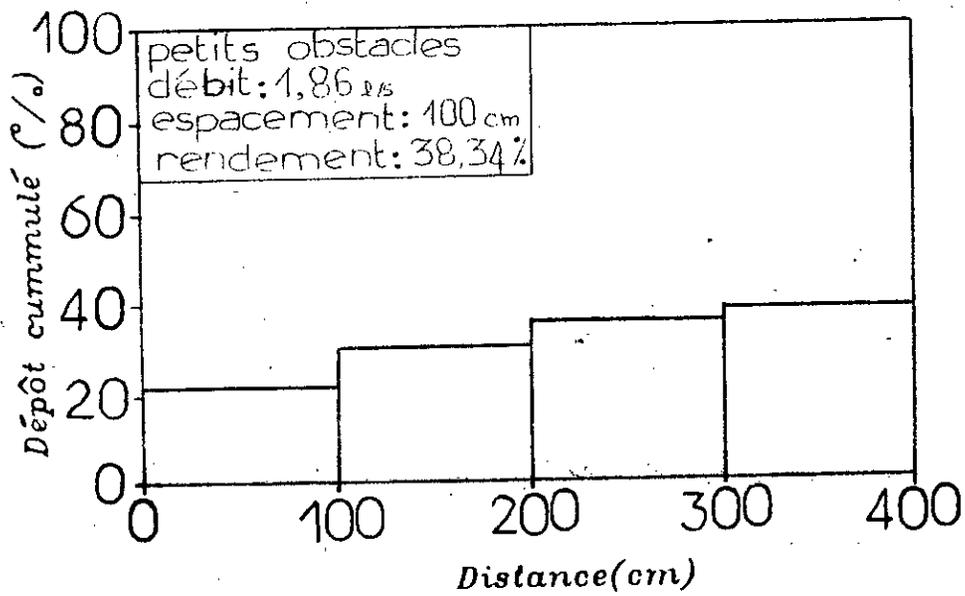


Fig(3.3.c)

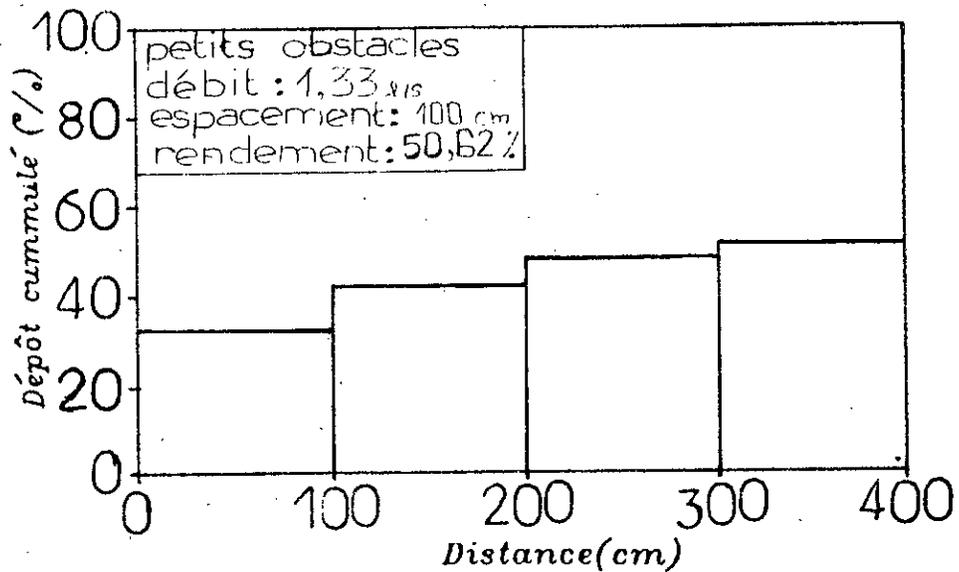
Fig(3.3): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles



Fig(3.4.a)



Fig(3.4.b)



Fig(3.4.c)

Fig(3.4): Evolution des dépôts de sédiments à l'aval des obstacles

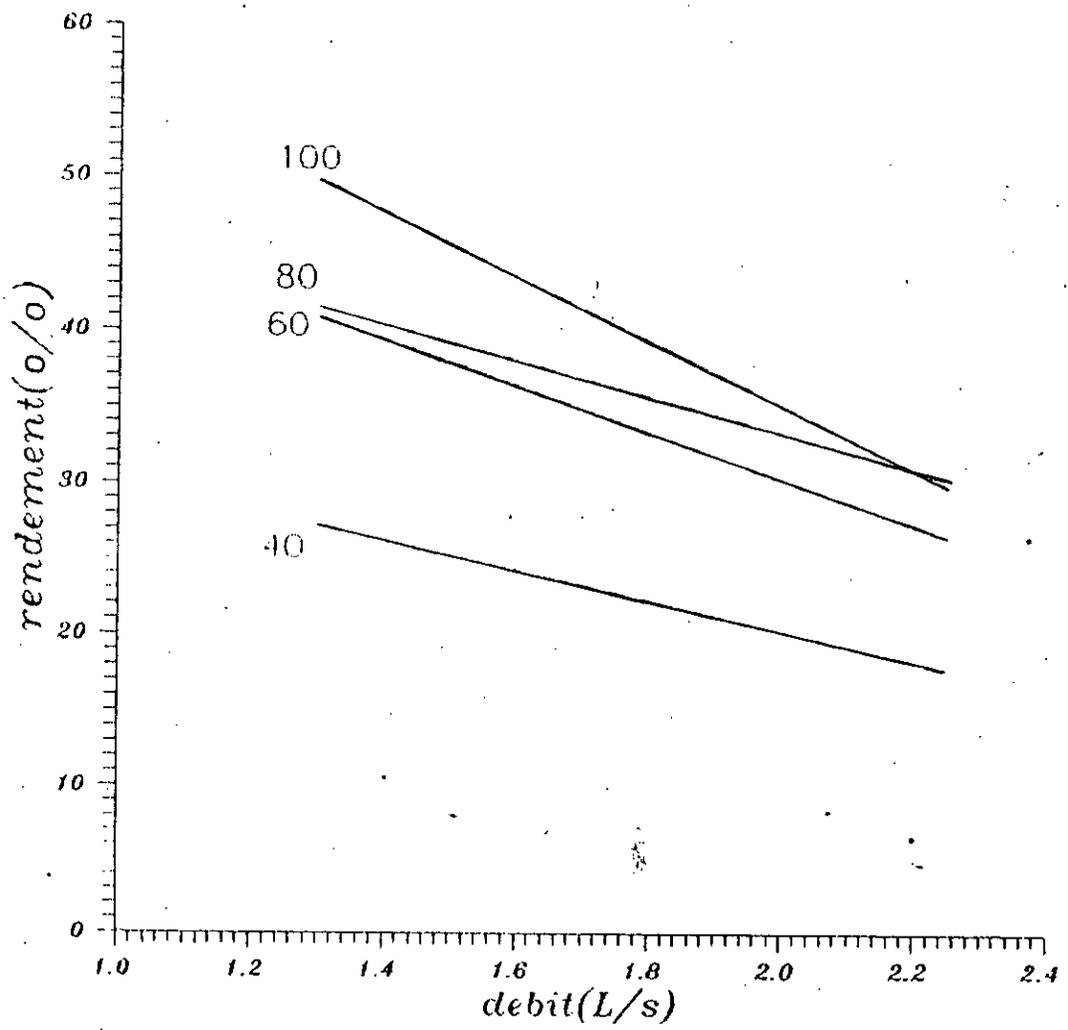


fig:3 comparaison entre differentes distances

photo: 4.1 zone de dépôt
à l'aval du 1ère obstacle



photo: 4.2 zone de dépôt
à l'aval du 2ème obstacle

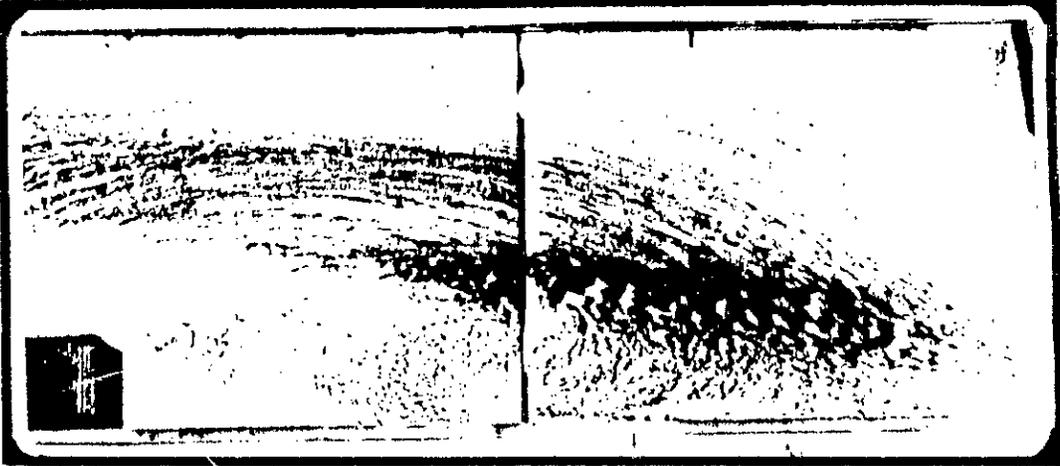
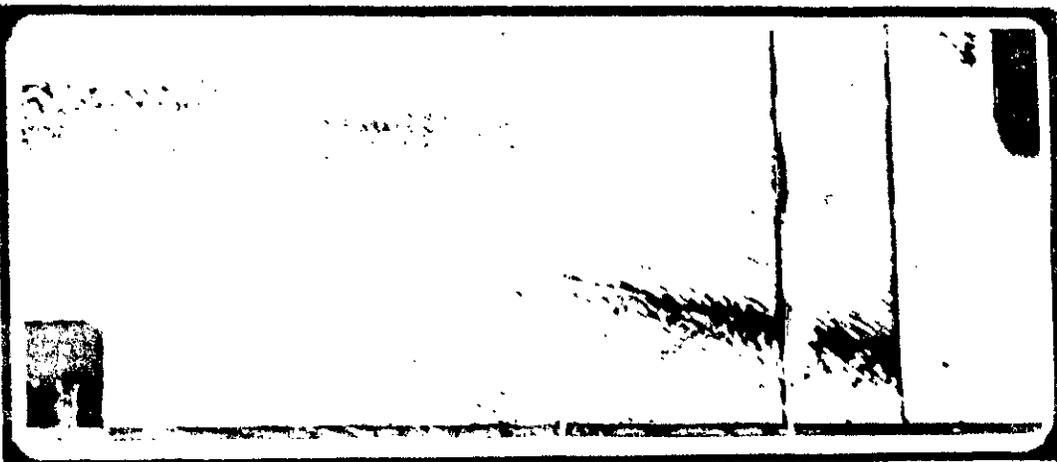


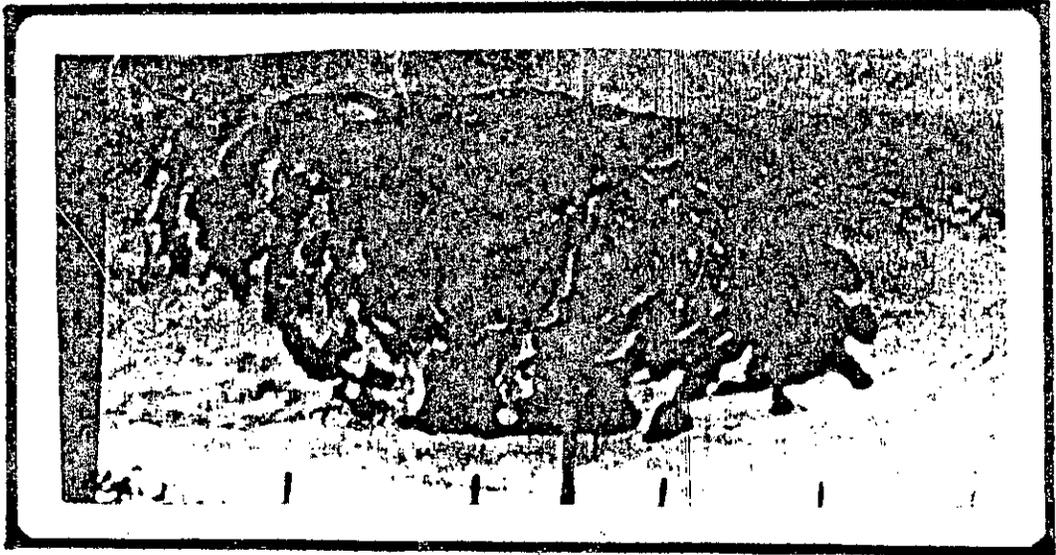
photo: 4.3 zone de dépôt
à l'aval du 3ème obstacle



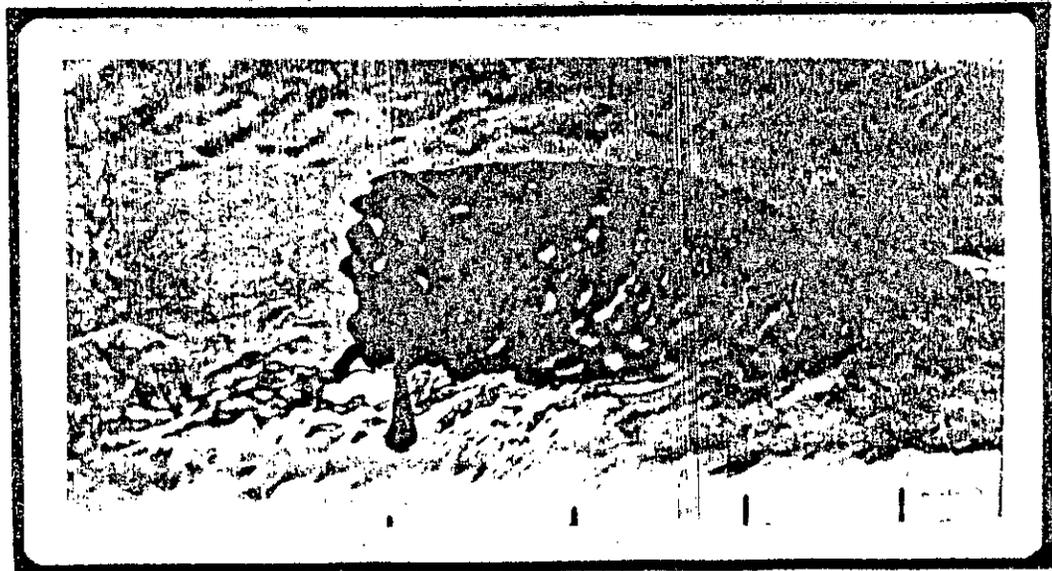
photo: 4.4 zone de dépôt
à l'aval du 4ème obstacle



photos(4): visualisation de l'évolution des dépôts
à l'aval des petits obstacles



photo(5.a): vue de dessus de la zone
de dépôt à l'aval



photo(5.b): vue de dessous de la zone
de dépôt à l'aval

VII/ COMPARAISON ENTRE DIFFERENTES SERIES D'ESSAIS:

Les résultats que nous avons obtenus dans les trois séries d'essais ont permis de conclure que la première catégorie d'obstacles (grands obstacles) donne un meilleur rendement pour une distance d'éloignement des obstacles de l'ordre de 60cm et pour un faible débit.

Par contre les deux autres catégories d'obstacles (moyens et petits obstacles) donnent des rendements moins importants par rapport aux grands obstacles, ce qui justifie l'efficacité des grands obstacles.

Finalement ces résultats expérimentaux nous permettent de conclure que l'augmentation des dimensions des obstacles, la diminution de débit, et la réduction de la distance d'éloignement successif des obstacles favorise le dépôt solide. (fig: 1.2.3)

VIII/ CONCLUSION GENERAL:

Ce travail préliminaire ne constitue qu'une approche dans la mise au point d'un système de prévention, qui empêche l'arrivée des sédiments dans les retenues. Il représente en quelque sorte une étude de faisabilité de ce système projet.

Le critère que l'on doit retenir pour une telle installation est la suivante: agir sur le lit majeur du cours d'eau principal, en diminuant la capacité de ruissellement d'entraîner et de transporter des débits solides, cela se fait par l'implémentation des obstacles émergés au niveau du cours d'eau, juste à l'entrée de la retenue.

L'objectif principal de cette étude est d'une part la présentation d'une synthèse bibliographique sur le phénomène de l'envasement des retenues, et d'autre part l'étude de l'influence de quelques paramètres jugés les plus prépondérants sur le système projet cité ci-dessus.

Les essais sur le dispositif expérimental ont permis de montrer que les grands obstacles de rapport $L/B=75\%$ donnent un rendement maximal qui atteint 69% avec un faible débit de 1.30 l/s et un espacement entre deux obstacles successifs égal à 60cm.

ce rendement optimale est suivi par le rendement des moyens obstacles espacés de 80cm qui atteint 56% et toujours avec un faible débit de 1.30 l/s.

Dans le troisième ordre on trouve un rendement qui dépasse légèrement 50% et qui correspond à des petits obstacles espacés de 100cm et traversés par un faible débit de 1.30 l/s environ.

Finalement sous la lumière de ces résultats obtenus expérimentalement on peut conclure:

-L'augmentation du débit de l'écoulement est néfaste pour notre installation.

-L'augmentation des dimensions des obstacles contribue énormément à l'amélioration du rendement de l'installation d'une part, et d'autre part, il entraîne un exhaussement de l'écoulement qui peut provoquer les inondations des terrains adjacents lors des crues.

Toutes ces conclusions et d'autres, doivent orienter le choix de la disposition la plus rentable et la moins dangereuse que possible.

TRAVAIL FUTUR:

Mais encourageante que soient ces résultats les recommandations suivantes s'imposent dans la finalité de cerner l'influence de tous les paramètres sur notre système et de permettre ainsi son perfectionnement et sa généralisation.

- Faire varier la pente du canal ;
- Tester d'autres formes d'obstacles;
- Tester d'autres dispositions à espacement non uniformes;
- faire l'étude sur un modèle réduit (étude à l'échelle);

- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -

- (1) BELHADJ.M.O et BOUCHELKIA.H (1994): " contribution à la modélisation statistique des transports solides en suspension" thèse d'ingénieur, école nationale polytechnique d'alger, 1994.
- (2) BENIDJER.F et SEHILI.A.M (1995): " controle des sédiments au moyen d'obstacles émergés" thèse d'ingénieur, école nationale polytechnique d'alger, 1995.
- (3) BOUCHARD: " bulletin de la direction des études et recherches-série
A" E.D.F
- (4) BOUIBA.K et DERRADJI.B.A (1993): "envasement des retenues: étude d'un dispositif de récupération des sédiments décantés " thèse d'ingénieur, école nationale polytechnique d'alger, 1993.
- (5) COMHYDE (1995) : " actes du premier colloque maghrébin sur l'hydraulique" 16 et 17 MAI 1995, SIDI-FREDJ, ALGERIE.
- (6) DEMMAK.A (1982) : " étude sur l'érosion et le transport solide" thèse de docteur - ingénieur, université de paris, 1982.
- (7) HOUILLE BLANCHE : " revue internationale de l'eau" numéro; 3/4 - 1989.
- (8) JAMME.G (1974) : " travaux fluviaux " édition EYROLLES, paris 1974

(9) **KEBBAS.A (1974) : " Erosion, transport solide, sédimentation dans les barrages ; cas du bassin versant du SIKKAK "**
thèse d'ingénieur, école nationale polytechnique d'alger, 1974.

(10) **LAGGOUNE.S (1991) : " Etude de l'écoulement de l'oued ZOUINE afin de réduire l'effet de dépôt et d'érosion "**
thèse d'ingénieur, école nationale polytechnique d'alger, 1991.

(11) **LARRAS.J (1977) : " fleuves et rivières non aménagés "**
Editions EYROLLES, paris, 1977.

(12) **MACHANE.R et MAHDI.T (1993) : " l'hydraulique de la sédimentation des retenues: une approche par modèle mathématique de la formation de deltas "**
thèse d'ingénieur, école nationale polytechnique d'alger, 1993.

(13) **ODGARD (1986) : " sédiments contrôlés par vanes immergées "**
A / S / C / E , 1986.

(14) **ODGARD & C.E.MOSCONI (1987) : " streambank protection by submerged vanes "** A / S / C / E , 1987.

(15) **REMINI.B et KETTAB.A (1994) : " envasement des barrages : cas de barrage de oued EL-FODDA " , revue: Algérie équipement, 1994.**

(16) **REMINI.B (1990) : " étude hydrodynamique du mécanisme d'envasement " thèse de magistère, école nationale polytechnique d'alger, 1990.**

(17) **SADOK.A (1987) : " contribution à la modélisation numérique du transport de sédiments dans les écoulements à surface libre "**
thèse de philosophie doctorat (PHD), école nationale polytechnique d'alger, 1987.