

24/90
REPUBLIQUE ALGERERINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DELEGUE AUX UNIVERSITES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

THESE

PRESENTEE PAR :

B.REMINI . INGENIEUR E.N.P

POUR L'OBPTENTION DU DIPLOME DE

MAGISTER EN HYDRAULIQUE

THEME

ETUDE HYDRODYNAMIQUE DU
MECANISME D'ENVASEMENT

SCUTENUE JUIN 1990

DEVANT LE JURY D'EXAMEN :

PRESIDENT : N. DECHMI (MAITRE ASSISTANT E.N.P)

RAPPORTEUR : M. BERKANI (MAITRE ASSISTANT E.N.S.H)

EXAMINATEURS : NG XUAN DANG (PROFESSEUR I.N.E.S BLIDA)
: B.M. UPPALERY (MAITRE DE CONFERNCS E.N.P)
: M. NAKIB (CHARGE DE COURS E.N.P)

INVITE : A. DEMAG (DOCTEUR INGENIEUR)

REPUBLIQUE ALGERERINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DELEGUE AUX UNIVERSITES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

THESE

PRESENTEE PAR :

B.REMINI . INGENIEUR E.N.P

POUR L'OBPTENTION DU DIPLOME DE

MAGISTER EN HYDRAULIQUE

THEME

ETUDE HYDRODYNAMIQUE DU
MECANISME D'ENVASEMENT

SCUTENUE JUIN 1990

DEVANT LE JURY D'EXAMEN :

PRESIDENT : N. DECHMI (MAITRE ASSISTANT E.N.P)

RAPPORTEUR : M. BERKANI (MAITRE ASSISTANT E.N.S.H)

EXAMINATEURS : NG XUAN DANG (PROFESSEUR I.N.E.S BLIDA)
: B.M. UPPALERY (MAITRE DE CONFERNCES E.N.P)
: M. NAKIB (CHARGE DE COURS E.N.P)

INVITE : A. DEMAG (DOCTEUR INGENIEUR)

**** REMERCIEMENTS ****

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail .

Mes remerciements s'adressent à :

- Mr N. DECHEMI, Maître assistant à l'E.N.P pour avoir bien voulu accepter d'assurer la présidence du jury.

- Mr M.BERKANI, Maître assistant à l'E.N.S.H qui a bien voulu assurer la direction de mes travaux, ses conseils et son aide ont toujours été très fructueux.

- Mr X G. DANG, Professeur à l'INES DE BLIDA pour avoir accepté d'être membre du jury .

- Mr B.M. UPPALURI, Maître de conférence à l'E.N.P, d'avoir accepté d'être membre du jury.

- Mr M. NAKIB, Chargé de cours à l'E.N.P, d'avoir également accepté d'être membre du jury.

Mr DEMMAK a bien voulu accepter d'être invité à participer à ce jury.

Je remercie toute l'équipe du laboratoire d'étude maritime pour leur aide, en particulier Mr ABDELBAKI Chef de département, Mr BENAÏSSA, et NACER, Ingénieurs.

THESE DE MAGISTER

" ETUDE HYDRODYNAMIQUE DU MECANISME D'ENVASEMENT "

Etudié par : B. REMINI Ingénieur E.N.P
Dirigé par : M. BERKANI Maitre assistant à l'E.N.S.H

المخلص

الدراسة الهيدروديناميكية لميكانيك الترسب تهدف الى التحليل التجريبي
بنموذج مصغر لسد بني عمران ، بطريقة التقاط العينات الفوطوغرافية، لتكوين
لفات الحركة الدورانية وتأثيرها على الترسب .

النتائج المحصل عليها تبين أن مراكز مناطق الترسب معبر عليها
بالاحداثيات اللاحدية ارتباطا مع تدفق الفيضانات المبينة بعدد فرود .

Résumé

L'étude hydrodynamique du mécanisme d'envasement, a pour but
l'analyse expérimentale sur un modèle réduit du barrage de
BENI AMRANE, par la visualisation chronographique la formation
de rouleaux de recirculation et leurs impacts sur
l'envasement.

Les résultats obtenus montrent que les centres des zones de
dépôt exprimés en coordonnées adimensionnelles sont intimement
liés aux débits de crues représentés par leur nombre de
Froude.

Abstract

The objective of this research is to study the hydrodynamic
mechanism of the of formation of recirculation rollers and
their impact of the sedimentation by employing a physical
model of the BENI AMRANE dam.

The results obtained show that there centre of the sedimenta-
tion in dimensionless coordinats au closely connected with the
rate of flood discharge which is represented by the Froude
number.

S O M M A I R E

Chapitre I	Introduction	page 4
Chapitre II	Analyse du problème et étude bibliographique	page 7
II.1	Objectif de l'étude	page 7
II.2	Apports solides aux retenues	page 9
II.3	Mécanisme de l'envasement	page 12
II.3.1	Présentation sur un cas simple	page 12
II.3.2	Influence des différentes caractéristiques des retenues	page 16
II.3.2.a	Influence de la topographie de la retenue	page 16
II.3.2.b	Influence du taux de renouvellement de la retenue	page 16
II.3.2.c	Influence du mode d'exploitation du réservoir	page 17
II.3.2.d	Influence de la présence d'affluents	page 18
II.3.2.e	Influence de la présence de végétation	page 18
II.4	Méthode d'approche : configuration hydrodynamique dans les canaux	page 18
II.5	Objectifs	page 21
Chapitre III	Conditions d'étude et d'expérimentation	
III.1	Méthode d'étude: modèle physique	page 24
III.2	Modèle expérimental	page 25
III.2.1	Description et caractéristiques de l'ouvrage	page 25
III.2.2	Justification de la modélisation	page 28
III.2.3	Description du modèle réduit	page 30
III.3	Technique expérimentale	page 38

Chapitre IV Analyse des résultats expérimentaux	page 39
IV.1 Analyse des résultats	page 39
IV.2 Etude qualitative de structure de recirculation	page 40
IV.3 Etude quantitative de l'évolution spacio-temporelle de la structure de recirculation	page 54
IV.4 Influence du débit d'apport sur l'évolution de la structure stable	page 63
IV.5 Paramètres influençant la structure de recirculation.	page 67
IV.5.1 Influence de l'orientation de l'écoulement amont sur la structure de la recirculation.	page 67
IV.5.2 Influence de soutirage aval	page 71
Conclusion	page 77
Bibliographie	page 80

NOTATIONS

B	[m]	Largeur du canal
B.V	[-]	Bassin versant
B'	[m]	Largeur du canal en aval .
b	[m]	Largeur du canal d'entrée
D _R	[cm]	Distance séparant deux centres de rouleaux de recirculation
F _r	[-]	Nombre de froude
h	[m]	Profondeur de l'eau dans le canal
h ₁	[m]	Profondeur de l'eau à l'ouverture de la vanne.
h ₂	[m]	Profondeur de l'eau en aval (canal de sortie).
Q ₀	[l/s]	Débit volumique
r ₁	[m]	Rayon de courbure convexe
r ₂	[m]	Rayon de courbure concave
V	[m/s]	Vitesse de l'écoulement suivant l'axe du canal.
X _{RI}	[cm]	Coordonnées du centre de rouleau I par rapport au repère oxyz
X _{RII}	[cm]	
Y _{RI}	[cm]	Coordonnées du centre de rouleau II par rapport au repère oxyz
Y _{RII}	[cm]	
θ	[deg]	Angle d'inclinaison transversale de la surface d'eau .
λ ₁	[-]	Echelle géométrique
λ _Q	[-]	Echelle des débits
λ _v	[-]	échelle des vitesses

I N T R O D U C T I O N

Laissez à leur cours naturel, les rivières transportent progressivement jusqu'à la mer, des quantités importantes de sédiments arrachés aux versants par ruissellement des eaux de pluie. En aménageant ces cours d'eau par la construction de barrages, on modifie le transit naturel de ces sédiments qui sont piégés dans les eaux calmes des retenues qu'elles comblent progressivement avec le temps. A terme, cela pose de graves problèmes pour le maintien et la préservation du potentiel hydraulique mobilisé à un prix de revient élevé.

Ce phénomène très réputé sous le nom "d'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.

Il est intéressant de noter, que chaque année l'infrastructure hydrotechnique Algérienne, est amputée d'une capacité estimée à 20 millions de m³. Ce qui correspond à la capacité d'un barrage tel que celui de FERGOUG (ouest Algérien) [1, 2].

En effet, la majorité des barrages Algériens ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année [2]. On note au passage que la durée de vie d'un barrage réservoir est la

période durant laquelle sa capacité, est supérieure à 50% de la capacité initiale [2]. 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 s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou à l'irrigation, dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée.

Les retenues aménagées étant souvent irremplaçables, il est alors naturel de trouver dans la littérature spécialisée, des remèdes très variés, lesquels, malheureusement, s'avèrent à présent peu efficaces, notamment en Algérie. Ceci est d'ailleurs corroboré par des barrages actuellement en exploitation.

Parmi les procédés de lutte contre ce phénomène sont schématiquement préconisée deux aspects : prévention et dévasement. Le premier aspect consiste à empêcher l'arrivée de sédiments dans la retenue. Il s'agit d'agir à la source même du débit, en diminuant l'action du ruissellement par le reboisement du bassin versant et la plantation de banquettes [3,4] Le second aspect utilisé, est d'une part, l'évacuation des sédiments par vidange de fond et l'emploi des courants de densité par soutirage sélectif et d'autre part, le dévasement par moyen mécanique [3,4]. Ce dernier est plus fréquemment utilisé, notamment lorsque les consignes d'exploitation interdisent toute perte d'eau. Son application à un type de barrage déterminé, nécessite une connaissance approfondie du comportement des sédiments fins, dans le mécanisme de

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

A titre d'exemple, les apports de vase sont plus irréguliers que les apports d'eau. La moitié des apports de vase de l'année peut arriver en deux ou trois jours de crues [1].

C'est sans doute en sous-estimant cette étude (mécanisme de l'envasement) que l'on n'a pas su maîtriser la sédimentation des retenues. C'est donc précisément dans cette étape que se situent nos travaux .

L'objectif que s'est fixé notre étude, est la définition et la localisation des courants de recirculation qui apparaissent au moment de l'apport d'une crue et qui déterminent les zones de dépôt des sédiments.

ANALYSE DU PROBLEME ET ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1 Objectif de l'étude

Comme on vient de l'indiquer dans l'introduction, le souci d'éviter les inconvénients du transport solide (qui est très important) nécessite une étude approfondie du mécanisme de la sédimentation des retenues. C'est dans ce cadre très vaste, que se situent nos travaux (fig 1, page 8).

Notre étude, consiste à expliquer l'influence de la circulation de l'eau dans la retenue et plus précisément, les écoulements provoqués dans cette dernière, par l'apport d'une crue (quantité de mouvement).

Dans ce cas, l'eau sert de support et d'ambiance pour la localisation des zones de décantation et de dépôt, en suivant l'évolution de la structure de l'écoulement constituée par deux rouleaux de recirculation durant le régime instationnaire jusqu'à l'établissement de l'écoulement stable.

Dans cette démarche, on a pas tenu compte de la quantité de matière en suspension, afin de ne pas agir d'une manière significative sur l'écoulement obtenu, qui ne dépend essentiellement que du flux de la quantité de mouvement injectée et de l'effet de contre-réaction, associée au confinement par les parois limitant la retenue .

PROCESSUS DE L'ENVASEMENT ET MOYENS DE LUTTE

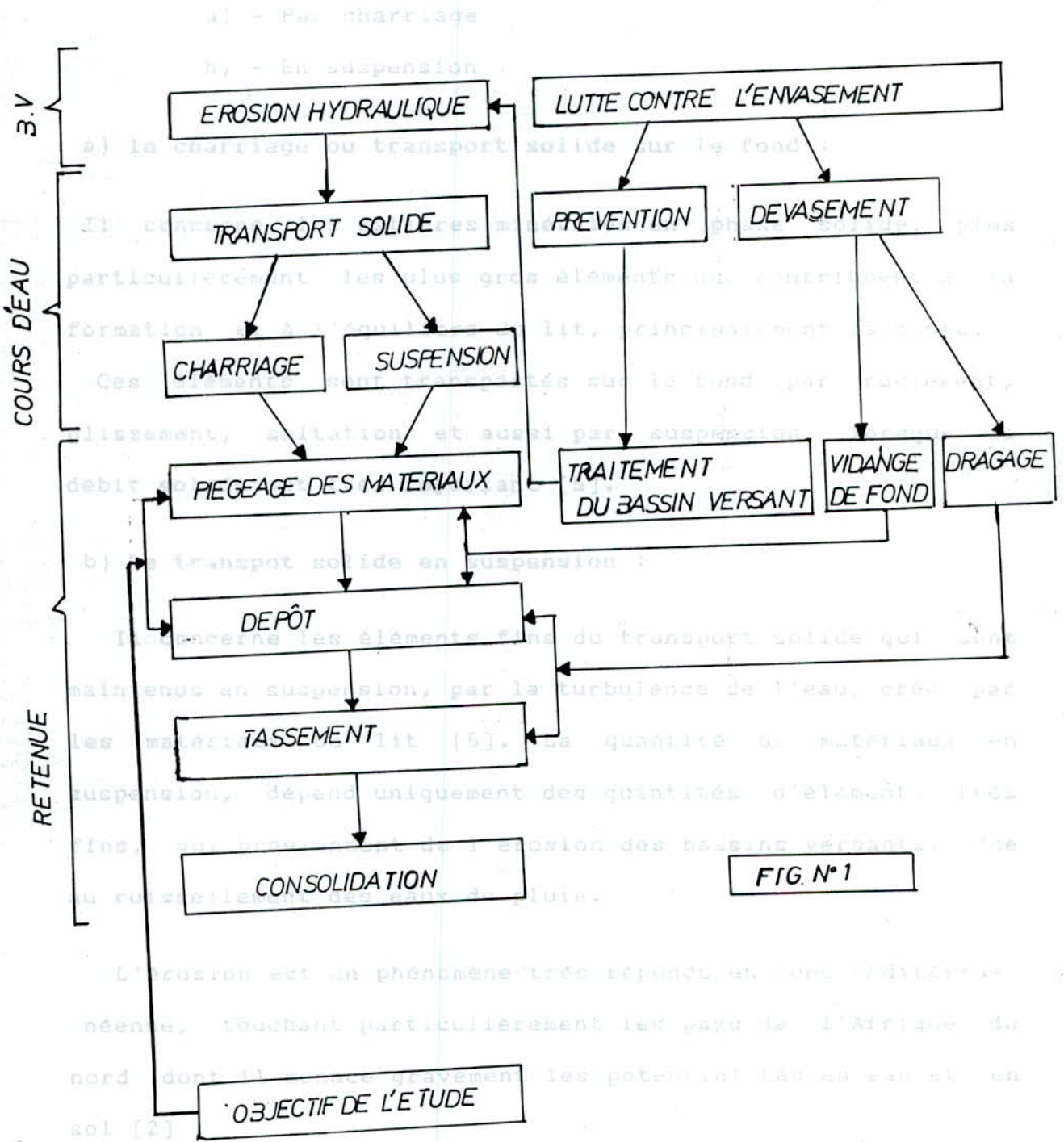


FIG. N°1

II.2 Apports solides aux retenues

Les eaux des cours d'eau transportent les sédiments sous deux formes :

- a) - Par charriage
- b) - En suspension

a) le charriage ou transport solide sur le fond :

Il concerne les matières minérales en phase solide, plus particulièrement les plus gros éléments qui contribuent à la formation et à l'équilibre du lit, principalement la pente.

Ces éléments sont transportés sur le fond par roulement, glissement, saltation et aussi par suspension, lorsque le débit solide est très important [5].

b) Le transport solide en suspension :

Il concerne les éléments fins du transport solide qui sont maintenus en suspension, par la turbulence de l'eau, créée par les matériaux du lit [5]. La quantité de matériaux en suspension, dépend uniquement des quantités d'éléments très fins, qui proviennent de l'érosion des bassins versants, due au ruissellement des eaux de pluie.

L'érosion est un phénomène très répandu en zone méditerranéenne, touchant particulièrement les pays de l'Afrique du nord dont il menace gravement les potentialités en eau et en sol [2] .

Le taux d'érosion spécifique atteint par ces pays, avoisine

les valeurs les plus importantes du monde, voir tableau n°1 ci-dessous [5].

Tableau n° 1

Pays	Fleuve	B.V (km ²)	Volume spécifique moyen de transport solide t / km ² / an	Precipitations moyennes annuelles mm
Chine	Fleuve jaune	71 5000	2640	470
	Yang tsé	1025000	491	800
	King	57000	7190	
Inde	Damodar	200000	1400	1200
	Kosi	61000	2800	1800
	Mohunadi	132000	465	1380
Iran	Sefid rud	55000	750	
Soudan	Abbara	1000000	650	
Afri- que du nord	Agrioum	657	3400	760
	Sebou	3470	320	660
EU	Colorado	35000	735	
	Missi- ssipi	2977000	50	
Italie	Po ¹	53 500	300	1100
France	Isere	11 750	615	1100
	orac	990	700	1400
	Durance	3580	150	900

Les travaux de DEMMAK (1982) [2] sur l'érosion et le transport solide, ont montré que le taux d'érosion spécifique, atteint au nord Algérien les valeurs les plus élevées du Maghreb, dépassant 2000 t / km² / an, sur la plupart des bassins versants de l'atlas téllien (Rhiou, Sly, Fodda, Mazafnan,

Isser, Soummam...). Il atteint 4000t/km²/an sur la chaîne des côtières du Dahra.

L'intensité du phénomène se manifeste essentiellement en période des crues. C'est ainsi que les fortes crues de Mars 1974 d'une durée de 3 jours, ont drainé 30 millions de tonnes de sédiments dans la région Algéroise pour les bassins versants côtiers [2].

La quantité moyenne annuelle du sol érodé en Algérie est environ de 180 millions de tonnes. Une quantité importante de ces sédiments est transportée progressivement par les rivières jusqu'aux retenues. Ces matériaux seront piégés dans les eaux calmes de ces dernières, diminuant ainsi progressivement leur capacité de stockage en eau.

A titre d'information, la capacité sommaire des retenues Algériennes est tombée durant la période de 1940 à 1980 de 1160 à 560 millions de m³. Par exemple, le bassin versant de l'oued Chellif ou encore le barrage du Ghrib dont la capacité initiale qui 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. Ce qui montre une perte en volume d'eau de 30 millions de m³ en trois années.

Il en est de même pour le barrage de l'oued Fodda dont la capacité initiale qui était de 228 millions de m³ en 1932 est descendue à 109 millions de m³ en 1977 (2).

Rappelons que les calculs, donnaient à la date de leur

construction, une durée de vie de 200 ans avant envasement (6).

II.3 Mécanisme de l'envasement

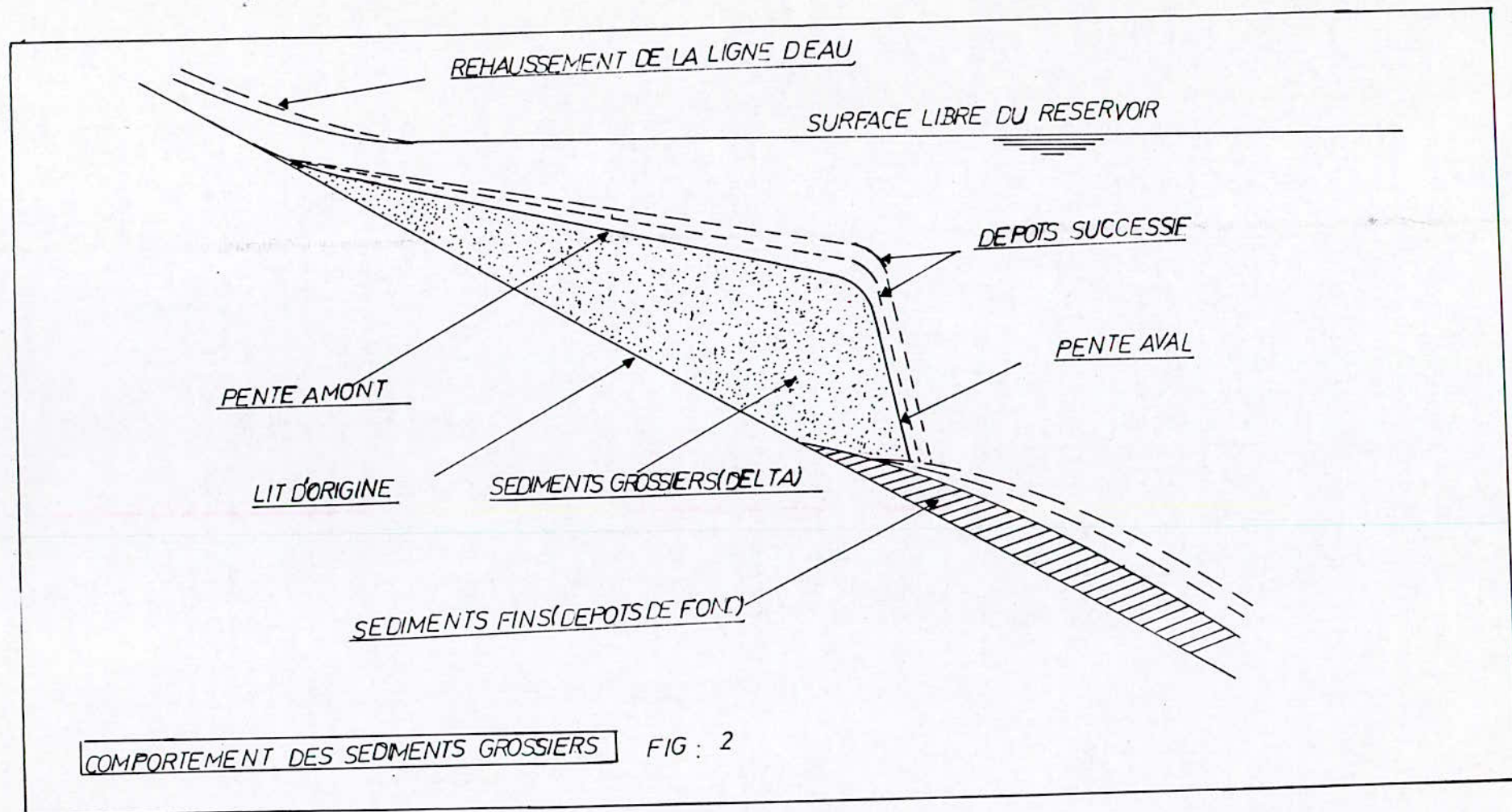
Avant d'étudier la façon dont diverses caractéristiques de la retenue, influent sur son envasement, on présentera d'abord le cas type d'une grande retenue de topographie régulière exploitée à un niveau constant .

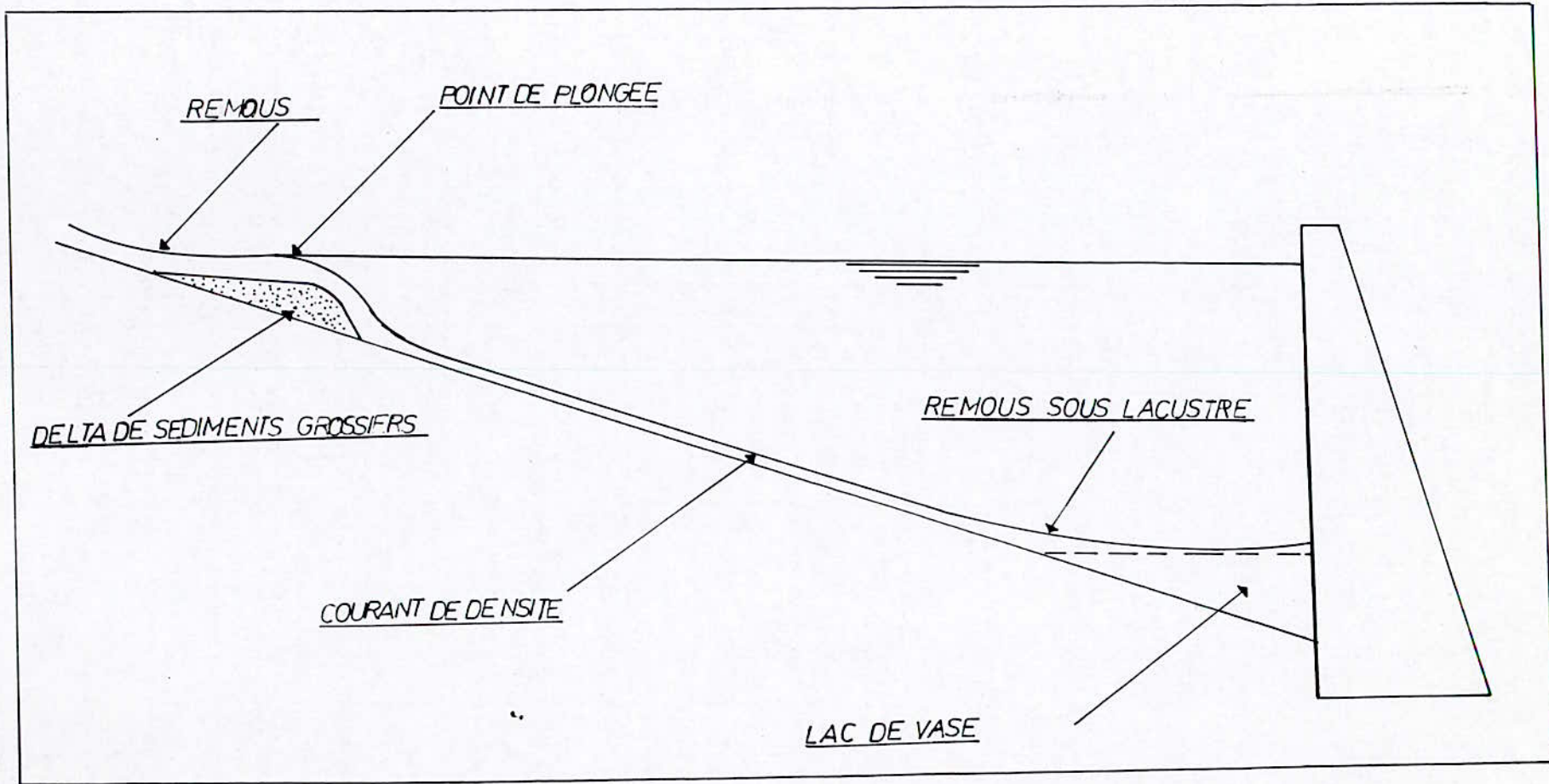
II.3.1 Présentation sur un cas simple (mécanisme classique de l'envasement)

La construction d'un barrage, modifie les conditions d'écoulement du débit solide, aussi bien pour le transport par charriage que pour le transport en suspension. Les matériaux transportés par charriage se déposent en tête de la retenue, c'est à dire, vers l'extrémité, en amont de la courbe de remous (fig 2 page 13). Ces matériaux, transportés en suspension, se déposent au fond de la retenue, à l'aval du remous solide. Le dépôt, a lieu, soit par décantation sur place, soit après transport dans la retenue par les courants de densité.

Beaucoup d'auteurs, ont étudié ce phénomène. On peut en citer le principal; DUQUENNOIS [3,4], qui distingue deux cas :

- * Si l'écoulement en amont est torrentiel, les eaux chargées plongent au fond de la retenue et s'y écoulent sous la forme d'un courant de densité (fig 3 page 14) qui se présente en général, comme un écoulement plus au moins individualisé, d'une eau de densité légèrement différente de celle qui l'entoure.





* Si l'écoulement est fluvial (cas de la majorité de retenues Algériennes), il ne se forme de courant de densité que pour des débits et concentrations dont les apports sont suffisamment élevés. Si ce n'est pas le cas et qu'il y'ait un écart de température entre les apports et les eaux calmes de la retenue, il se forme, un courant de densité qui peut 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 dans lequel les particules se sédimentent et se consolident.

Si la température entre les apports et les eaux calmes du lac sont voisines, le courant de densité ne se forme pas et les sédiments fins, sont tributaires de la gravité, de la turbulence et des écoulements dans la retenue.

Les particules argileuses (inférieurs à 2 microns) ont une vitesse de chute très faibles, qui les empêcherait de se sédimenter. Cependant, la salinité des eaux lacustres est suffisante (0,5 g/l) pour produire la floculation de ces particules. Les flocons ainsi formés, ont une vitesse de chute beaucoup plus importantes (0,1 mm/s) et se décantent plus rapidement que les silts [7]. 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 mouvements dans la retenue, les dépôts se consolident en se débarrassant de leur eau interstitielle.

II.3.2 Influence des différentes caractéristiques des retenues

En raison de la variété des types de retenues, il existe plusieurs facteurs qui modifient la présentation schématique donnée par DUQUENNOIS, cependant on en citera les principaux.

a / Influence de topographie de la retenue

La topographie de la retenue, modifie l'envasement en modifiant les conditions d'écoulement des courants. Cet effet déterminant pour la localisation des dépôts. En général, plus la forme de la retenue est tortueuse, plus l'envasement se déplace en amont. Les élargissements brusques des vallées sont des zones de dépôt et de disparition des courants de densité. Le resserrement des vallées déplace l'alluvionnement vers l'amont .

Pour les retenues de basses chutes sineuses, les méandres créent des zones d'eaux calmes qui favorisent les dépôts.

b / Influence du taux de renouvellement de la retenue

Le taux de renouvellement (rapport: capacité /apport liquide annuel) de la retenue a une importance pour le mécanisme de l'envasement. Il détermine le pourcentage, des sédiments entrant dans la retenue qui y seront piégés. Peu d'auteurs ont étudié ce facteur, parmi lesquels, BRUNE [8] qui a fait une étude sur 44 réservoirs Américains, cette étude très utilisée, montre que les grands réservoirs détiennent 100% des sédiments en l'absence de dispositions particulières,

le piégeage des sédiments fins est moins important ce qui est conforme à l'étude précédente, d'autre part, les " grandes retenues " au renouvellement faible sont soumises aux mécanismes décrits précédemment, par contre les " petites " retenues sont beaucoup plus brassées et les phénomènes ne sont pas aussi distincts, les courants de densité en sont absents. Le classement granulométrique est moins net et l'envasement plus uniforme sur toute la retenue.

c / Influence du mode d'exploitation du réservoir

Le marnage important peut avoir deux effets :

- D'une part la remise en mouvement de sédiments dans la partie découverte de la retenue, où la rivière va en générale retrouver son lit d'origine ou en tout cas dévagner en creusant son chenal parmi les sédiments précédemment déposés, de plus des talus glissent du fait de l'érosion progressive due au rétablissement du cours d'eau .

- D'autre part, dans la partie de la retenue restant immergée, la baisse des pressions interstitielles provoque des ruptures d'équilibre des sédiments déposés qui peuvent se manifester par des coulées boueuses ou des glissements de talus selon leur état de consolidation, l'exploitation de la retenue à niveau bas déplace l'alluvionnement vers l'aval.

Ceci explique que dans la pratique on observe pas toujours un classement granulométrique régulier en fonction de la distance du barrage, même pour les grandes retenues .

d / Influence de la présence d'affluents

- Des affluents se jetant dans la retenue perturbent le mécanisme classique de l'envasement, surtout s'ils sont eux-mêmes chargés de matières en suspension, c'est le cas du lac Chambon où le torrent de la pisse se jette très près du barrage et semble être responsable d'une partie importante des alluvins au voisinage du barrage [4].

e / Influence de la présence de végétation

La végétation existant au fond de la retenue peut retenir une grande partie des sédiments et empêche probablement le maintien de tout courant de densité en raison de la "rugosité" artificielle très importante ainsi créée [4].

II.4 Méthode d'approche : configuration hydrodynamique dans les canaux

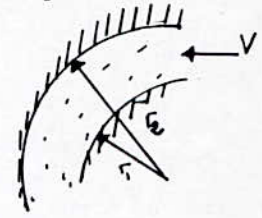
L'élargissement brusque d'un écoulement dans les canaux à surface libre entraîne la formation des rouleaux de recirculation. Ces courants de recirculation d'eau à l'axe vertical qui se forment à un côté ou aux deux cotés du courant principal causent des contractions latérales au courant et font diminuer aussi le débit du canal d'aménagé, en rendant moins efficace l'effet de dissipation d'énergie en aval des prises d'eau au cas de l'élargissement brusque du canal de sortie.

Beaucoup d'auteurs ont étudié ce phénomène et ont cherché des moyens pour l'éliminer. On peut en citer les principaux :

- Dans l'ouvrage sur l'étude des formes des parois des canaux

d'aménée en courbes aux déversoirs, ENZO LIVI [8] a proposé la formule suivante, reliant les valeurs des deux rayons de courbures convexe r_1 et concave r_2 du canal

$$\frac{(r_1 + r_2)^2}{r_1^3} = \frac{4 g \operatorname{tg} \theta}{V^2}$$



θ = Angle d'inclinaison transversale de la surface d'eau,
 V = Vitesse de l'écoulement suivant l'axe du canal. D'après les expériences, l'auteur a démontré qu'avec la valeur critique de $\operatorname{tg} \theta < 0,175$, le courant d'eau ne se détache pas de la paroi convexe du canal et ne se formera pas de rouleaux suivant la paroi.

- Dans l'ouvrage de NGXUAN DANG [11], FITMANI, MILOVISH, NIPERT et KOKENIKOLE, ont démontré que l'élimination des rouleaux dans les canaux à l'axe circulaire ne pourra être réalisée que dans les conditions suivantes:

$$\frac{r_1}{B} \geq 2,75 \quad (\text{FITMANI})$$

$$\frac{r_1}{B} \geq 3,4 \quad (\text{NIPERT})$$

$$\frac{r_1}{B} \geq 2,73 \quad (\text{MILOVISH})$$

$$\frac{r_0}{B} = 2 \div 6 \quad (\text{KOKENIKOLE}) \quad \text{avec} \quad r_0 = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

r_1 : Rayon de courbure convexe

r_2 : Rayon de courbure concave

r_2 : Rayon de courbure concave

B : Largeur du canal

- NGUYEN XUAN DANG [11] quant à lui, a démontré que l'utilisation des canaux d'amenée aux déversoirs à sections variées, avec des parois en forme de lignes de courant, est la méthode la plus efficace pour éliminer la formation des rouleaux le long des parois convexes et pour réduire au minimum l'effet de contraction latérale. L'auteur a proposé des relations pour déterminer les rayons de courbure convexe r_1 et concave r_2 utilisée pour le cas du canal à l'axe circulaire :

$$\frac{r_1 + r_2}{2B} \geq 2,5$$

$$\frac{r_1}{h} \geq 1,4 Fr (1 + r_2/r_1)^2$$

- Dans leurs études sur les écoulements sous les vannes, B.A MATSMAN et VUNYANTAO [12] ont montré que:

Lorsque l'énergie cinétique est grande et quand la profondeur h_2 en aval est petite, l'écoulement torrentiel s'élargira librement sans formation de rouleaux aux deux cotés du courant principal. A partir d'une profondeur définie en aval, il se produira des rouleaux, et le courant principal pourra être déplacé d'une rive à l'autre. La relation entre cette profondeur en aval et l'énergie cinétique du courant d'entrée est déterminée par :

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{0,5}{\beta} (\sqrt{1 + 8 B Fr} - 1)$$

h_2 : Profondeur d'eau en aval (canal de sortie)

h_1 : Profondeur d'eau à l'ouverture de la vanne

Fr : Nombre de Froude à la section de l'ouverture .

b' : Largeur du canal d'entrée

B'' : Largeur en aval

$$\beta = \frac{B''}{b'}$$

II.5 Objectifs

L'étude pour la recherche de la circulation optimale dans les réservoirs artificiels revêt depuis peu d'années un intérêt considérable et devient indispensable dans certains domaines industriels. Nous citerons quelques exemples qui montrent l'importance de la circulation de l'eau pour des objectifs différents :

- Considérons le premier traitement appliqué aux eaux brutes, de nature physique, afin d'éliminer le maximum des matières en suspension. Il s'agit d'un processus de type coagulation - floculation - décantation. Dans ce cas l'écoulement intervient aussi bien par la valeur moyenne des vitesses que par son agitation turbulente. Cette dernière est en particulier très utile pour assurer la dispersion du coagulant mais devient néfaste lors des phases de floculation et de décantation. Il faudra des vitesses faibles pour permettre une bonne sédimentation des *flocons*, mais aussi une faible agitation turbulente pour éviter la remise en suspension des particules.

- Un autre exemple est donné par le problème du maintien de

la qualité de l'eau entre sa sortie de la station de traitement et sa consommation, les germes ou micro-organismes qui ont résisté aux divers stérilisations voient leur nombre augmenter au cours du temps (surtout s'ils rencontrent des possibilités de fixation). Il faut donc réduire au minimum la durée de séjour de l'eau dans le réseau et le réservoir qui sert de tampon entre le traitement et la distribution et assure aussi la sécurité d'approvisionnement, la structure globale de l'écoulement, doit donc assurer un transit normal de toute l'eau injectée. Pour cela, il faut agir sur la forme du réservoir, pour obtenir un écoulement sans rouleaux de recirculation, comme le réservoir d'eau potable de Munich (fig 4, page 23) [13] où l'une des parois a une forme hyperbolique afin de correspondre à une ligne de courant.

- Une autre situation se trouve en aquaculture; le comportement des divers types de bactéries et des animaux eux-mêmes imposent le maintien en suspension du floc d'élevage tout en sauvegardant des conditions hydrauliques compatibles avec la vie et la croissance des animaux, en particulier au niveau de la répartition de l'oxygène dissous.

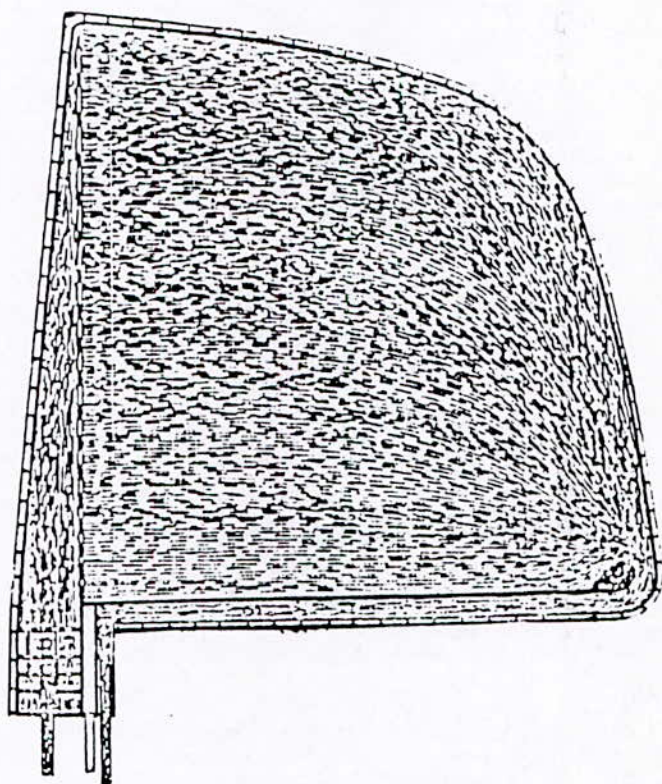


FIG. 4 RESERVOIR A PAROI HYPERBOLIQUE DE MUNICH

CONDITIONS D'ETUDE ET D'EXPERIMENTATION

III.1 Méthode d'étude : modèle physique et visualisation

La technique de visualisation est bien adaptée compte- tenu des deux caractéristiques des écoulements obtenus :

- D'une part, cette méthode nous permet de détecter des phénomènes de by-pass ou des zones d'eau captives. Elle est extrêmement utile dans la recherche d'une solution optimale. Elle a été appliquée pour des études de cas industriels [14].

- D'autre part, parceque les dimensions en plan de la retenue sont toujours grandes par rapport à la valeur du tirant d'eau. Aussi, et même si ce n'est pas vrai dans la zone proche de l'entrée de la retenue, l'écoulement moyen devient pratiquement bidimensionnel. Dans ce cas l'expérience montre que la structure de l'écoulement en surface est bien représentative de l'écoulement dans la masse.

La visualisation des particules déposées sur la surface libre permet d'obtenir par chronotographies des informations très intéressantes sur la structure globale de l'écoulement.

Cette méthode est en particulier utilisable en régime instationnaire et permet de suivre l'évolution de la structure de l'écoulement.

III.2 Modèle expérimental

L'expérimentation a été réalisée sur le modèle réduit du barrage de BENI AMRANE (fig 4, page 26) de caractéristiques physiques décrites ci-dessous.

Le choix de cet ouvrage se justifie par un double rôle de régulateur des crues et d'accumulateur des débits solides transportés par l'oued ISSER.

III.2.1 Description et caractéristiques de l'ouvrage

Le barrage de BENI AMRANE fait partie du système de transfert ISSER - KEDDARA (fig 5, page 27) pour augmenter l'alimentation en eau potable de la ville d'Alger. Il régularise 4,5 % du débit d'apport de l'oued ISSER, soit un volume de 18 hm^3 .

Le bassin versant du site de prise, couvre une superficie de 3710 km^2 [15].

L'oued ISSER d'une pente moyenne 4 m / km transporte une eau fortement chargée de solides, constituée de limons et de sables fins de concentration allant jusqu'à 265 g/l . Le poids annuel moyen de ces sédiments traversant le barrage est de 67 millions de tonnes dont $4,3 \text{ hm}^3$ y reste dans la retenue. Cette portion importante comble au cours du temps le barrage et met en danger son existence à cours terme. Ainsi par un simple calcul, pour une crue exceptionnelle répétitive en deux années successives similaires à la crue de 1972 - 1973, le barrage de BENI AMRANE serait complètement envasé.

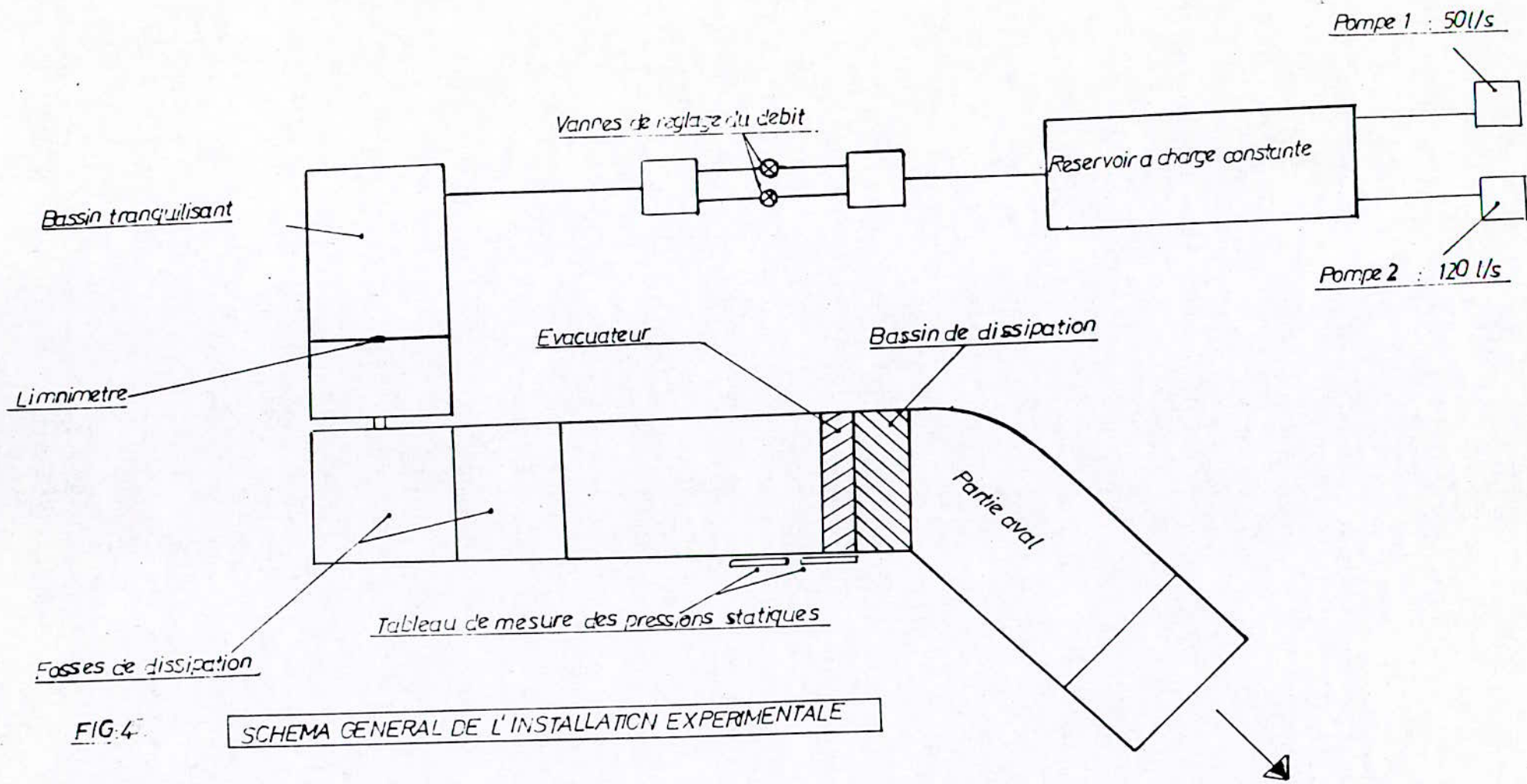
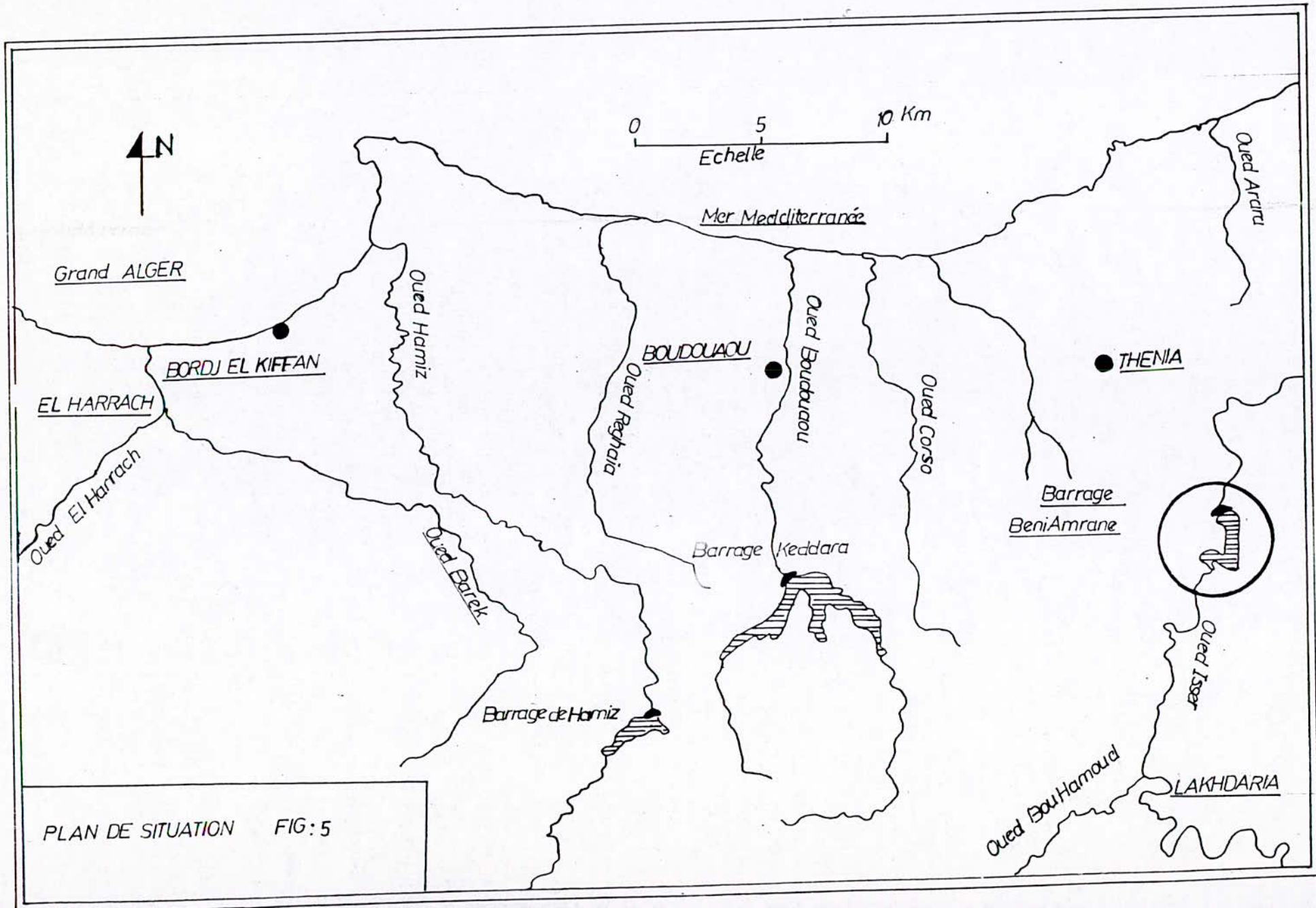


FIG. 4 SCHEMA GENERAL DE L'INSTALLATION EXPERIMENTALE



PLAN DE SITUATION FIG:5

Pour réduire l'effet de ce phénomène, le barrage de BENI AMRANE est doté de 6 vannes de fond permettant de faire le soutirage de la vase .

A présent, ce système s'avère peu efficace pour deux raisons qui ne peuvent être satisfaites conjointement: la première est d'ordre économique en préservant le maximum d'eau stockée, la seconde, en prélevant par soutirage le maximum de débit solide. Cette contrainte de la préservation de la ressource mobilisée n'est pas spécifique à la retenue du barrage de BENI AMRANE, elle caractérise l'ensemble des barrages Algériens, ce qui justifie d'ailleurs le choix de notre étude sur ce site, afin de comprendre et de remédier cet handicap.

III.2.2 Justification de la modélisation

En écoulement à surface libre, dit écoulement pesant, la similitude obéit à l'égalité des nombres de Froude de l'ouvrage et du modèle, pour extrapoler les résultats obtenus de l'autre à l'autre .

Trois conditions : Géométrique, cinématique et dynamique doivent être vérifiées.

Le modèle réduit a été réalisé à l'échelle géométrique : $l = 1 / 100$ pour atteindre le débit de 10 l/s au laboratoire équivalent à un débit d'une crue exceptionnelle sur l'ouvrage. Les autres échelles se déduisent aisément :

- Echelle de largeur et hauteur: $\lambda_L = \lambda_H = 1/100$
- Echelle des vitesses : $\lambda_V = 1/10$

- Echelle des débits

: $\lambda_Q = 1/100.000$

Ce qui donne les valeurs des caractéristiques suivantes du modèle :

<u>Déversoir</u>	<u>Prototype</u>	<u>Maquette au 1/100^{em}</u>
* Largeur de la crête	102,5 m	102,5 cm
* Hauteur de déversoir	23,5 m	23,5 cm

Ouverture de la vanne

* Hauteur	4,5 m	4,5 cm
* Largeur	6,5 m	6,5 cm

Ouverture de la prise

* Diamètre	2 m	2 cm
------------	-----	------

Décharge

* Crue sécutaire	4000 m ³ /s	401/s
* Crue moyenne	1000 m ³ /s	101/s

III.2.3 Description du modèle réduit

— Emprise du modèle : le modèle se compose de deux parties (fig 6, page 31) :

a) Le bassin amont comprenant :

- Une partie de la retenue amont (photographies n°1 et 2 fig 7, page 32).
- L'ouvrage d'entrée de l'évacuateur de surface
- Le dispositif de vidange de fond (photographies n°3 fig 8, page 33).

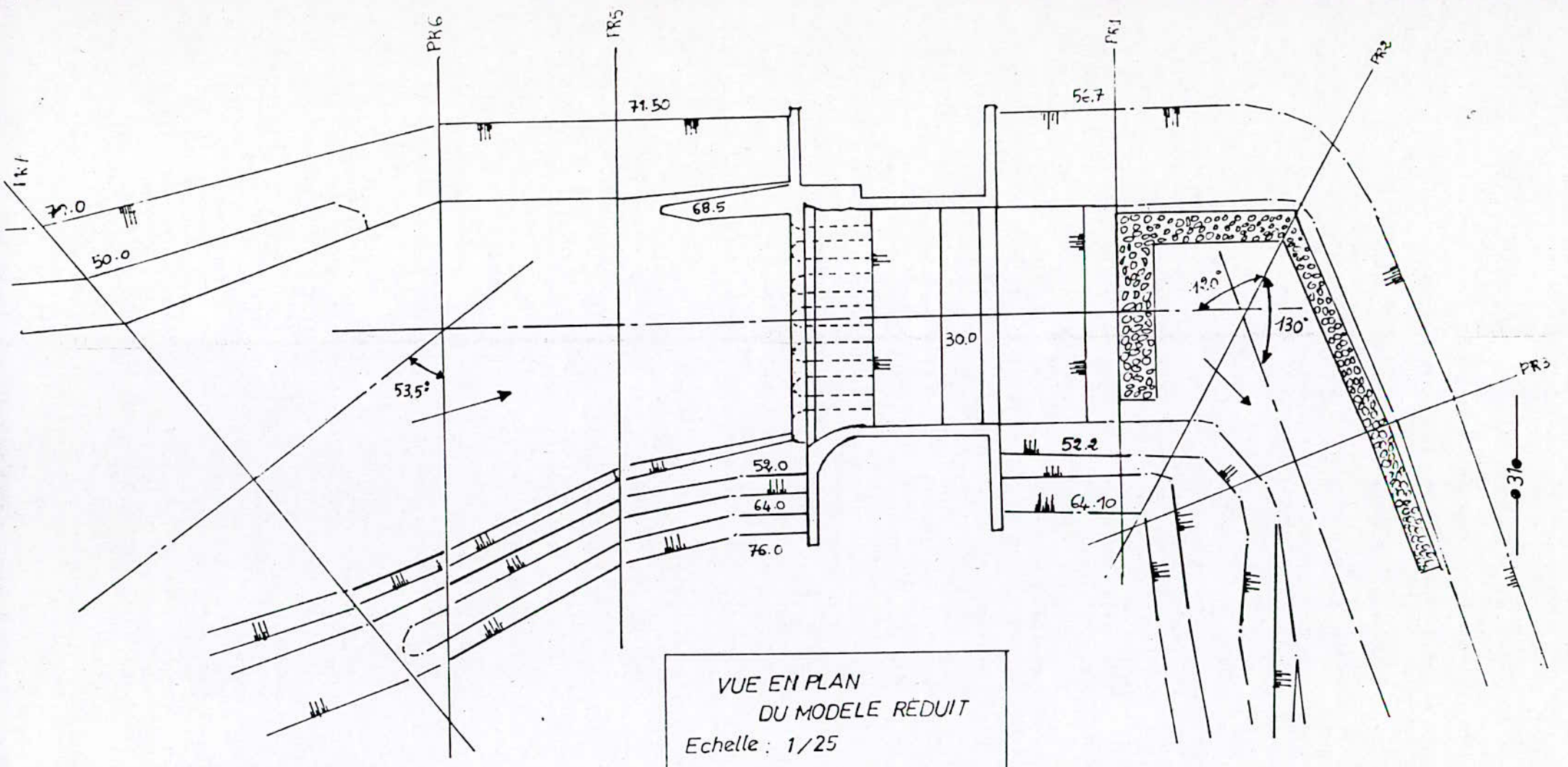
b) Le bassin aval comprenant

- Un fond représentant une partie du relief de la vallée.
- Le bassin de dissipation d'énergie de l'évacuateur de crues et de la vidange de fond (photographie n°3 fig 8, page 33).

— Fixation des limites du modèle :

Les limites du modèle sont indiquées par la figure n°9 (page 34).

L'entrée du canal de fuite est située à l'ettranglement donne une distribution uniforme naturelle des écoulements d'approche au canal d'entrée du modèle. La limite aval de la maquette est située à 700 m environ de l'ouvrage de dérivation.



VUE EN PLAN
 DU MODELE RÉDUIT
 Echelle : 1/25

FIG 6

PHOTO. 1

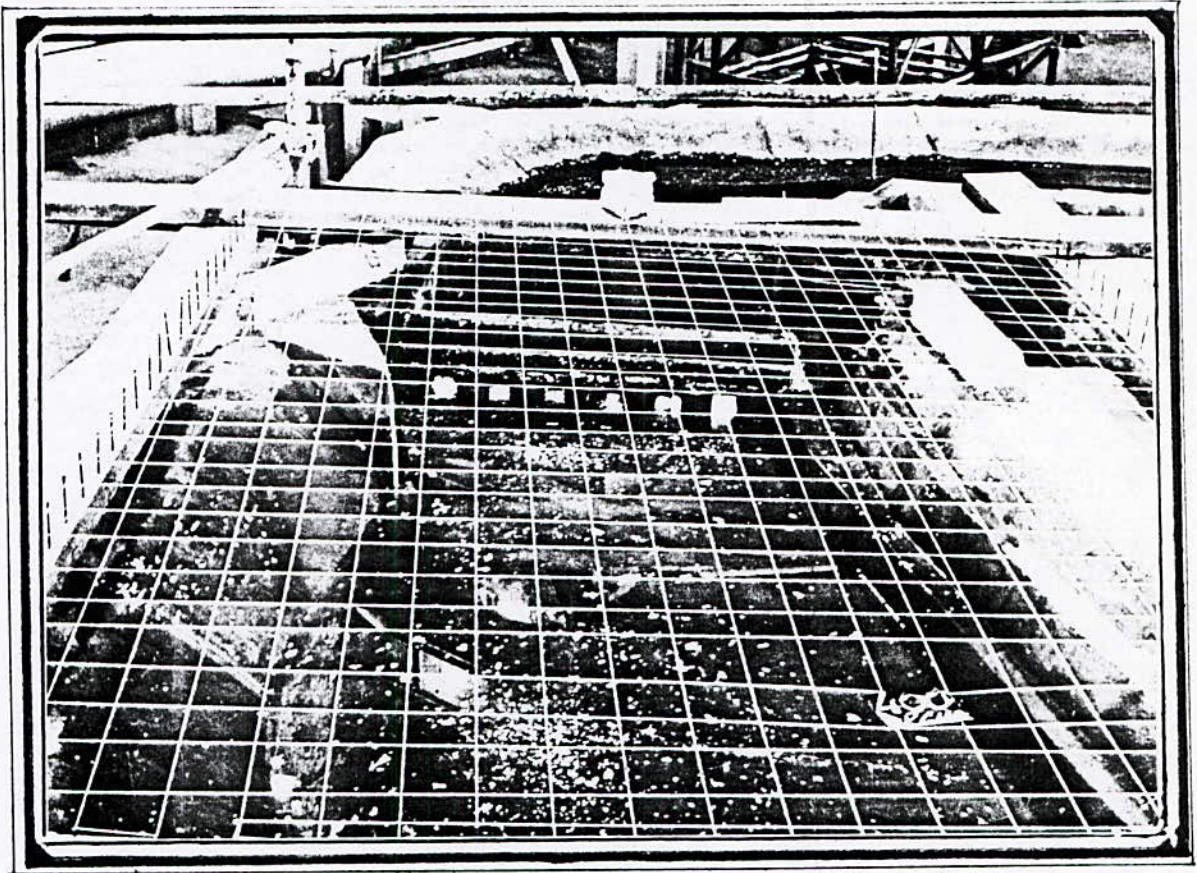


PHOTO 2

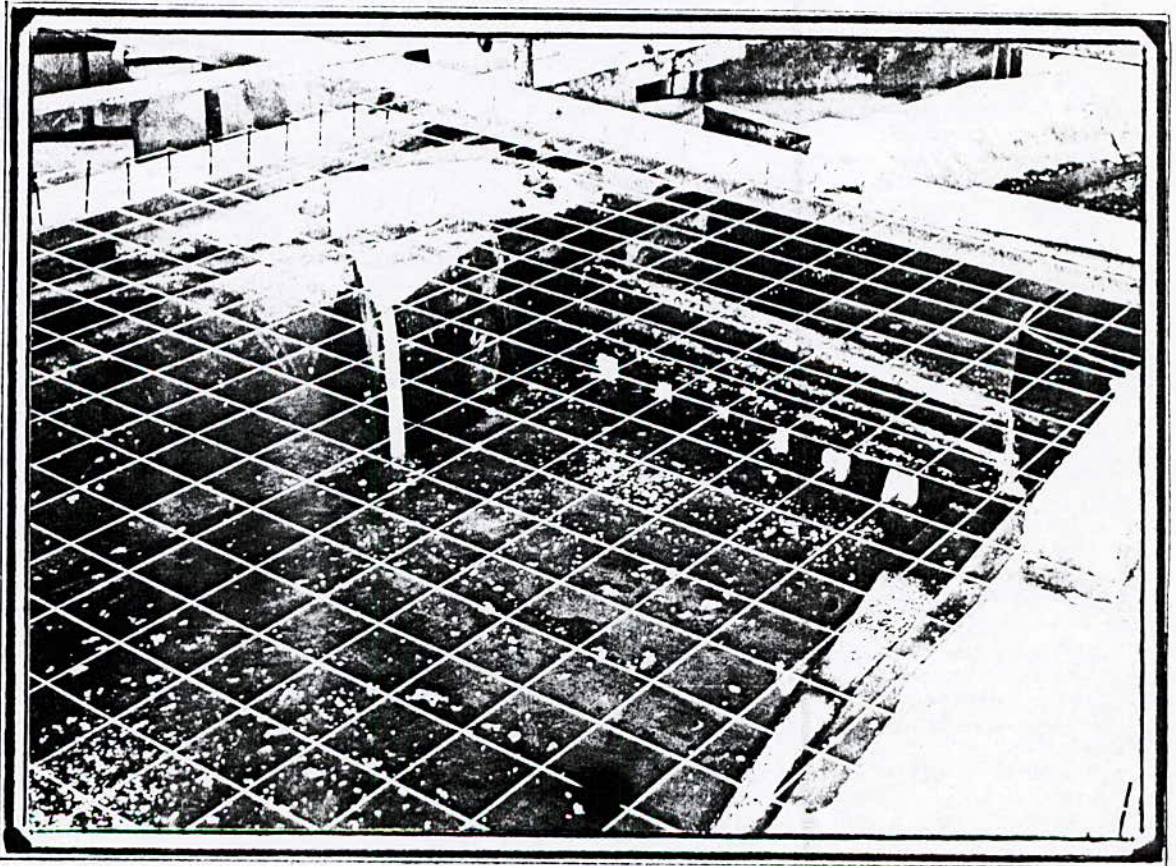


FIG 7

VUE GENERALE DE LA RETENUE AMONT

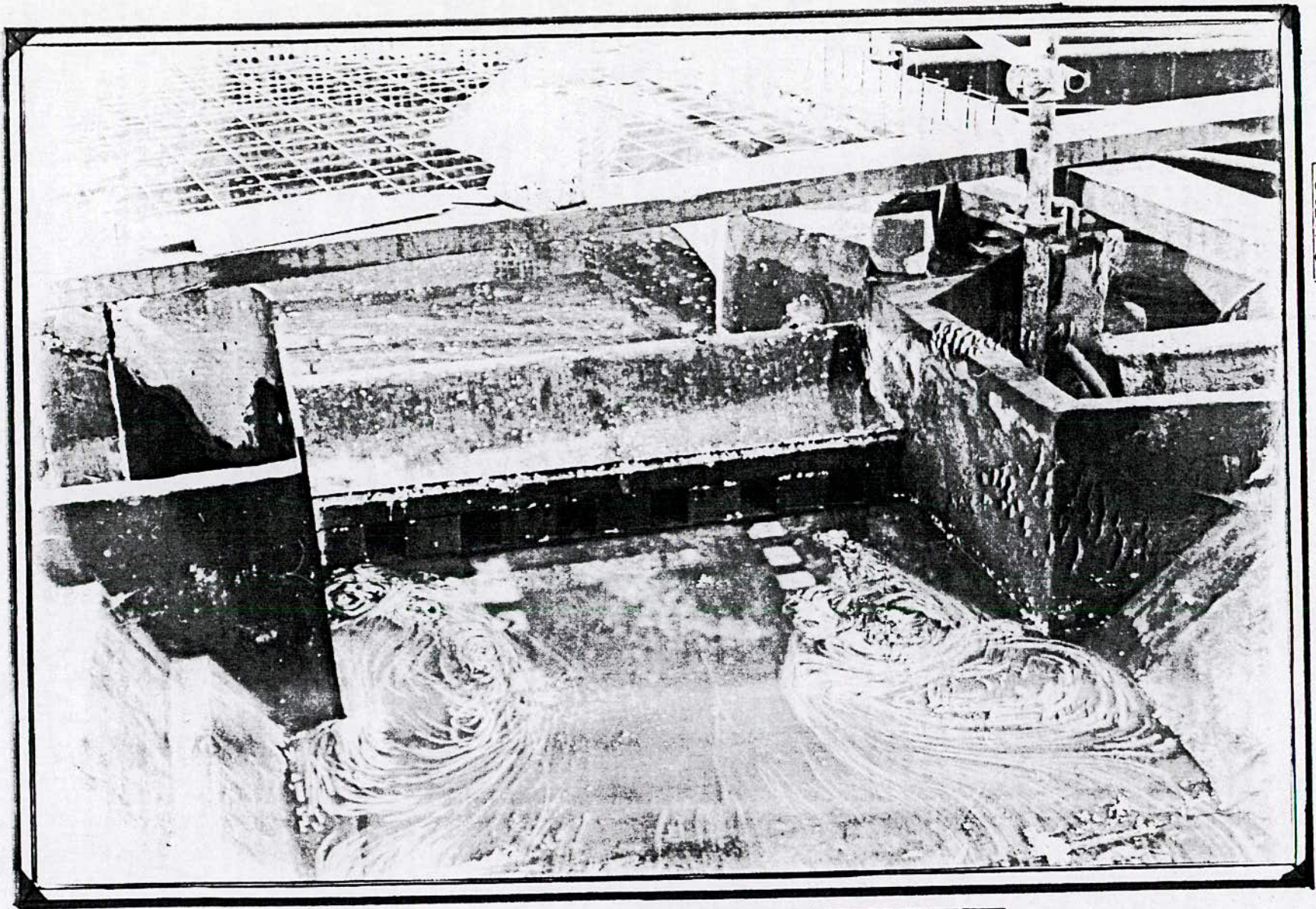
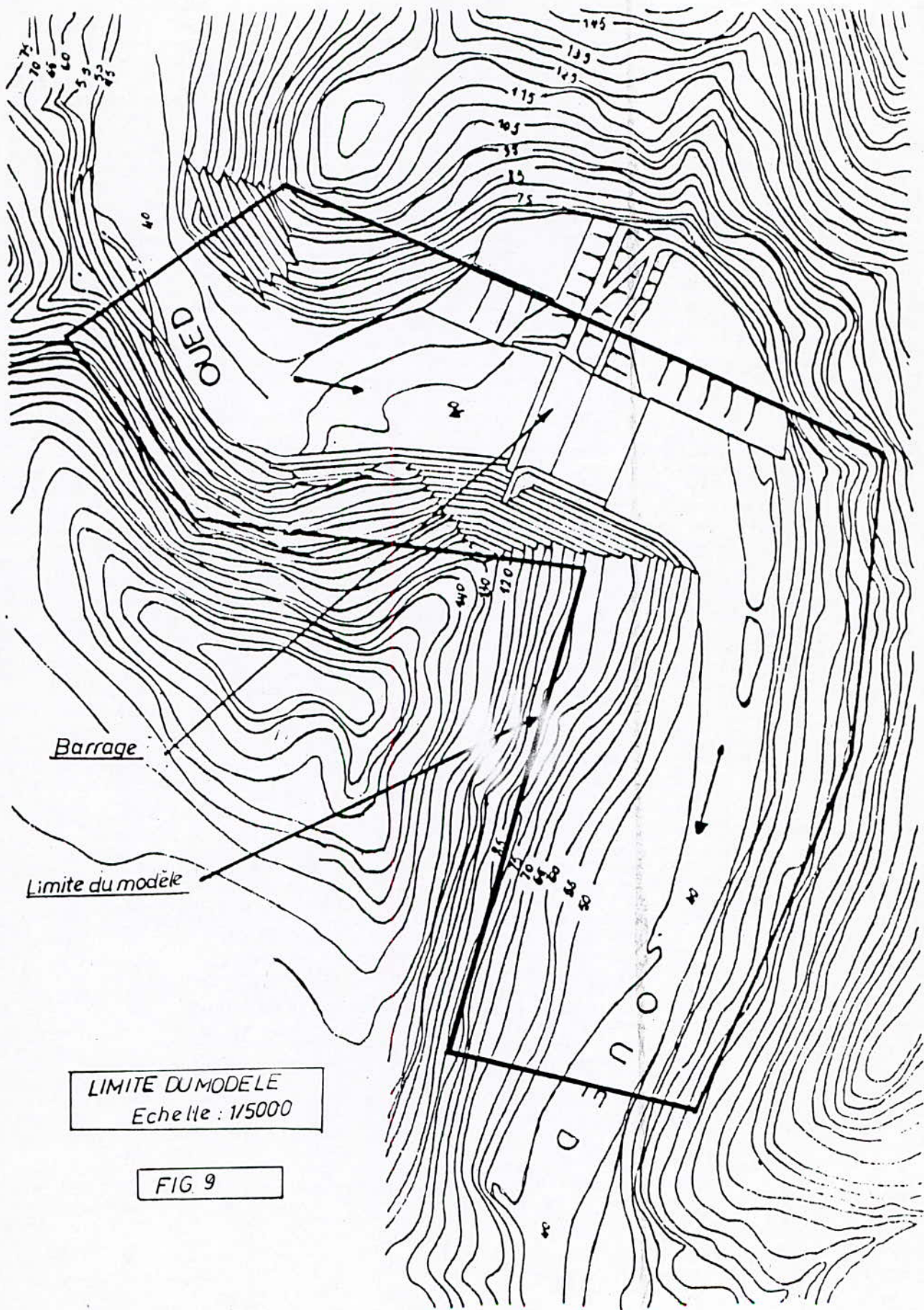


PHOTO.3

FIG 8

VUE GENERALE DU DEVERSOIR



LIMITE DU MODELE
Echelle : 1/5000

FIG 9

d) Dispositif d'alimentation et de régulation des débits de crues.

L'alimentation en eau du modèle se fait par l'intermédiaire d'un réservoir à niveau constant situé à une hauteur de charge de 4,2 m situé à partir du sol (photographie n°4 fig 10, page 36).

Deux pompes peuvent assurer au niveau de ce bac des débits respectifs de 50 l/s et 120 l/s.

Soit au total un débit de 170 l/s (photographie n°5 fig 10 page 36).

e) Mesure des débits de crue :

Les débits sont mesurés par la méthode classique qui consiste à mesurer la hauteur déversée à travers un seuil triangulaire type Thomson (photographie n°6 fig 11, page 37).

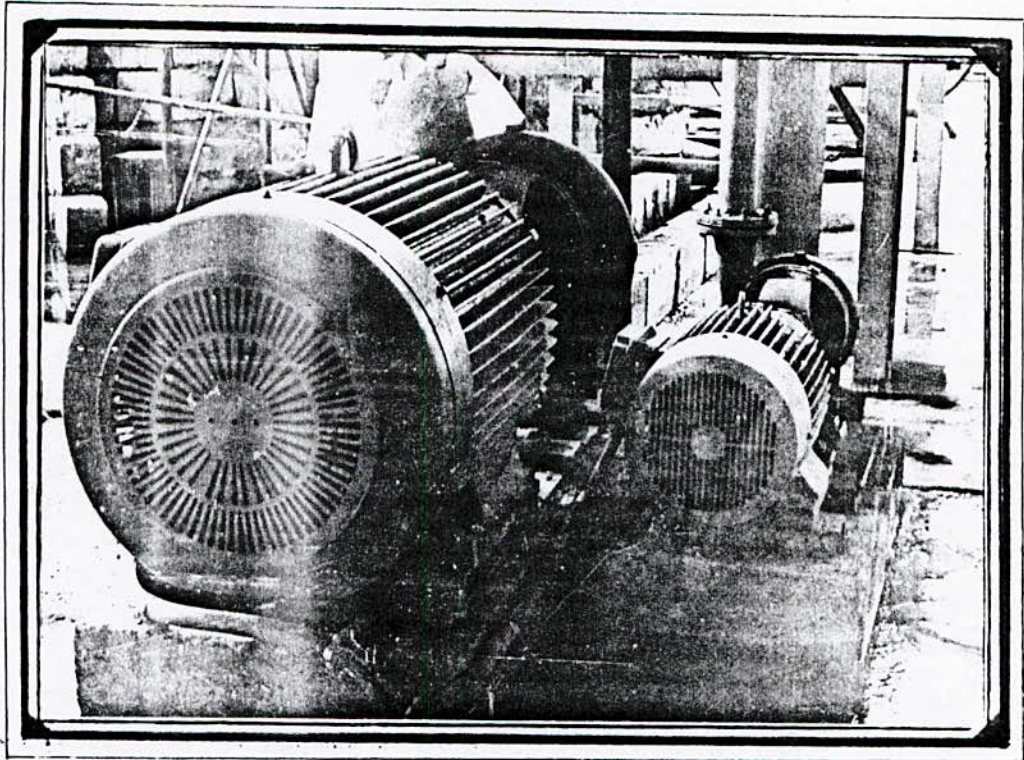


PHOTO.5

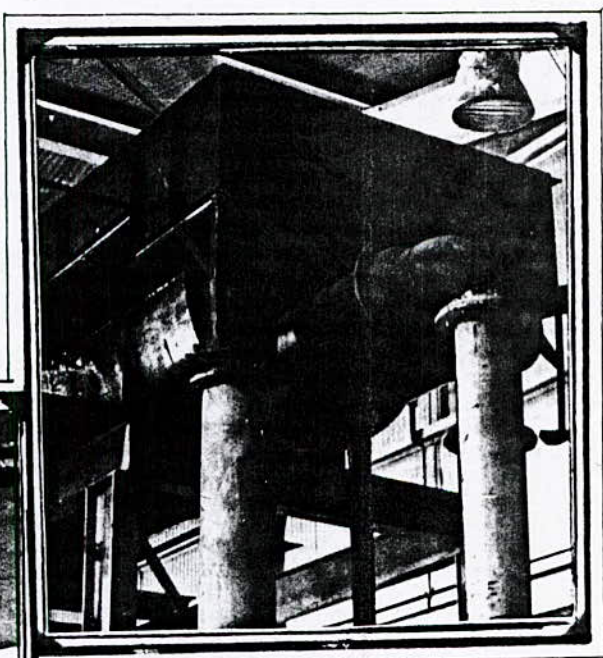


PHOTO.4

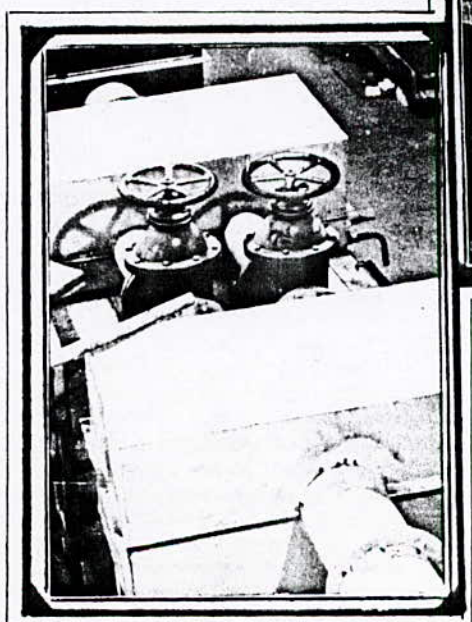


FIG 10

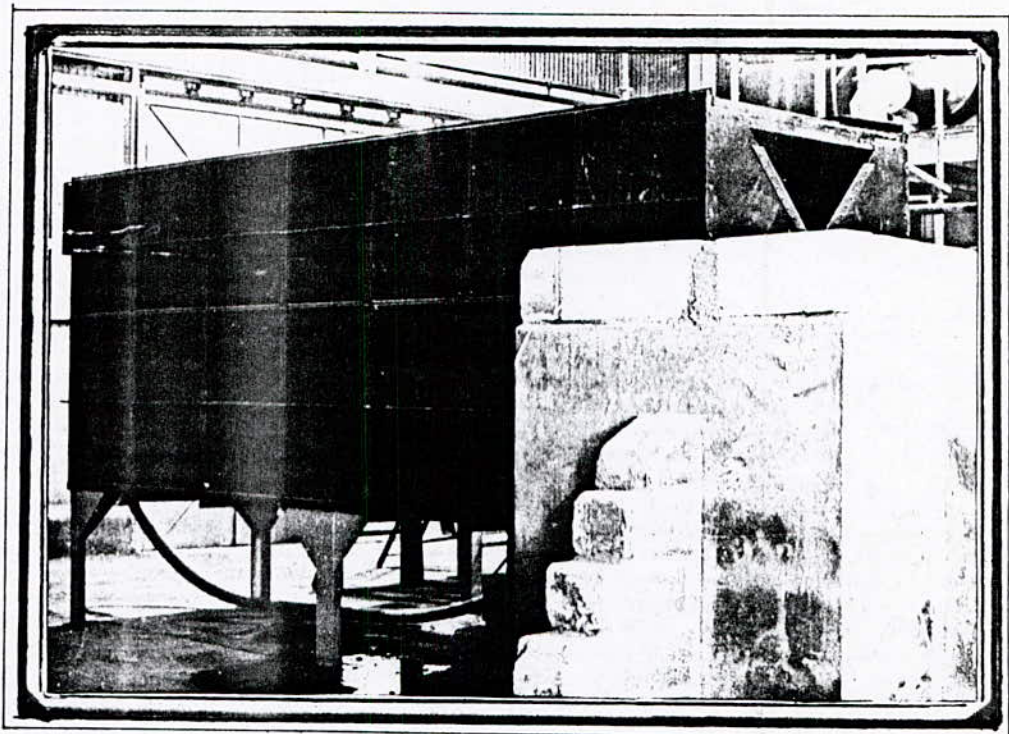


PHOTO. 6



FIG 11

III.3 Technique expérimentale

Le principe retenu, consiste à injecter un débit d'eau représentant une crue déterminée. Ce débit est mesuré par un déversoir de type THOMSON (photo 6 , fig 11, page 37) placée entre le réservoir à niveau constant et l'entrée de la retenue.

La méthode permet d'étudier et de suivre la structure de l'écoulement dû à l'effet de confinement en régime transitoire jusqu'à l'établissement du régime permanent .

L'écoulement pouvant être considéré à structure bidimensionnelle. La méthode d'analyse consiste à visualiser et photographier le mouvement des particules sur la surface libre.

Le système de prise de vue, équipé d'un objectif de 50 mm, est situé dans l'axe du bassin, à une hauteur de 5 m, permet de prendre des clichés successifs à des intervalles de temps réguliers.

L'utilisation de cette méthode de visualisation est particulièrement intéressante en régime transitoire car elle nous permet de suivre l'évolution de la structure de l'écoulement .

ANALYSE DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

IV.1 Analyse des résultats

L'analyse des résultats expérimentaux a'effectue en trois étapes :

- La première étape, concerne l'analyse qualitative de la structure de recirculation obtenue pour différents débits de crue .
- La seconde étape, constitue l'étude quantitative de l'évolution spacio-temporelle des centres de rouleaux de recirculation, en fonction des débits d'apport.
- La troisième étape a pour objectif de lier les paramètres qui influent sur la configuration obtenue, c'est à dire de voir l'influence du débit apport sur l'évolution de la structure stable, afin de dégager une relation empirique permettant de prédire la structure de recirculation.

IV.2 Etude qualitative de la structure de recirculation

Le processus d'étude est le suivant :

Il est visualisé par les photographies des figures 12 à 24 (pages 41 à 53).

A l'instant $t = 0$, on injecte différents débits dans la retenue, où l'eau de cette dernière est immobile.

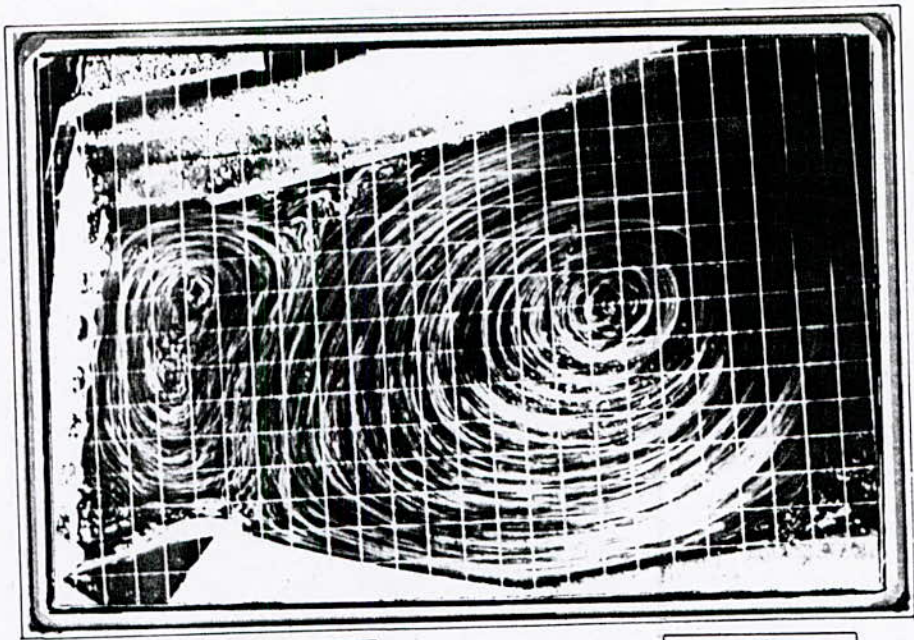
L'apport de quantité de mouvement provoque la circulation de l'eau de la retenue.

L'évolution de la structure de l'écoulement durant la période transitoire est suivie grâce au système chronophotographique défini précédemment (cf III - 3). Le phénomène observé est constitué de deux rouleaux de recirculation ces derniers se développent le long de l'axe moyen de la retenue et leurs dimensions croient rapidement. Ils ont tendance à aller vers une structure définitive stable et qui présente selon deux cas possibles de configuration :

a / Premier cas de configuration

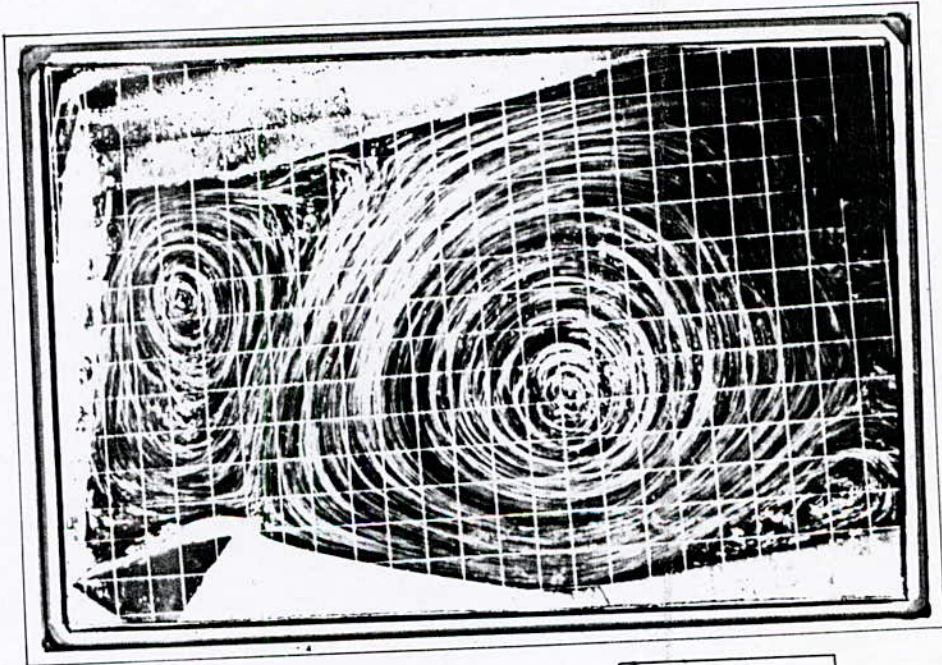
La configuration initiale se déplace et augmente la dissymétrie de l'écoulement, on tend alors vers la structure définitive des figures 14 et 16 (pages 43 à 45), cette dernière est constituée de deux rouleaux :

- l'un relativement petit et que nous appelleront rouleau d'attachement, le second occupé la quasi-totalité de la retenue appelé rouleau principal.



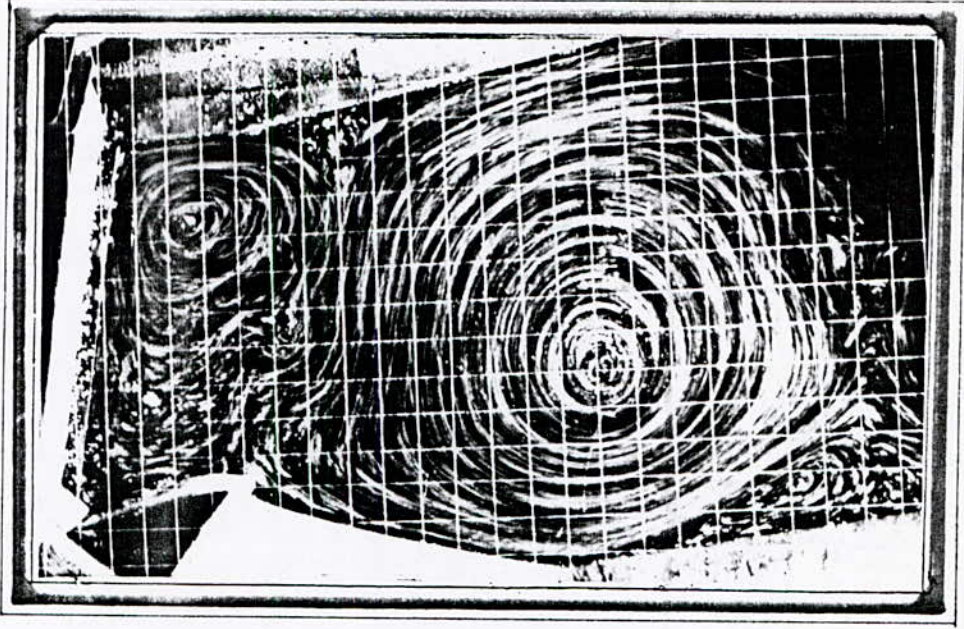
$Q = 4 \text{ l/s}$

$t = 90 \text{ s}$



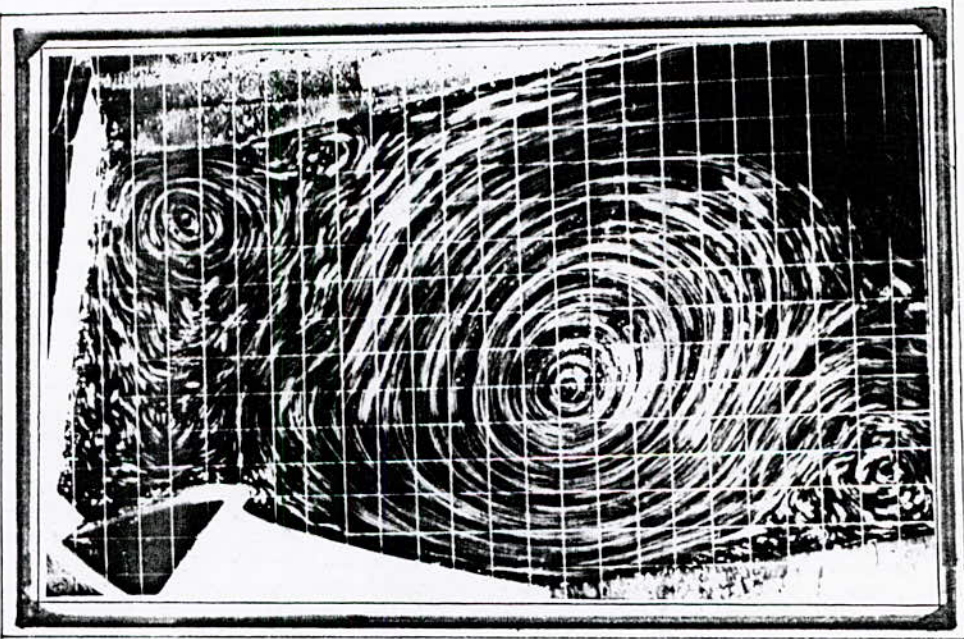
$t = 120 \text{ s}$

$Q = 4 \text{ l/s}$



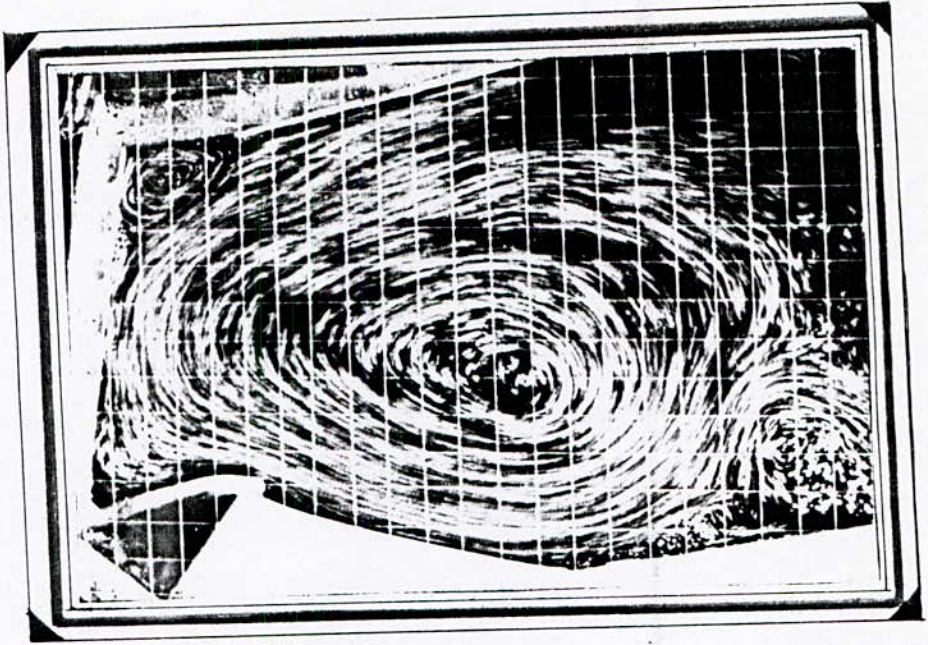
$Q = 4 \text{ l/s}$

$t = 150 \text{ s}$



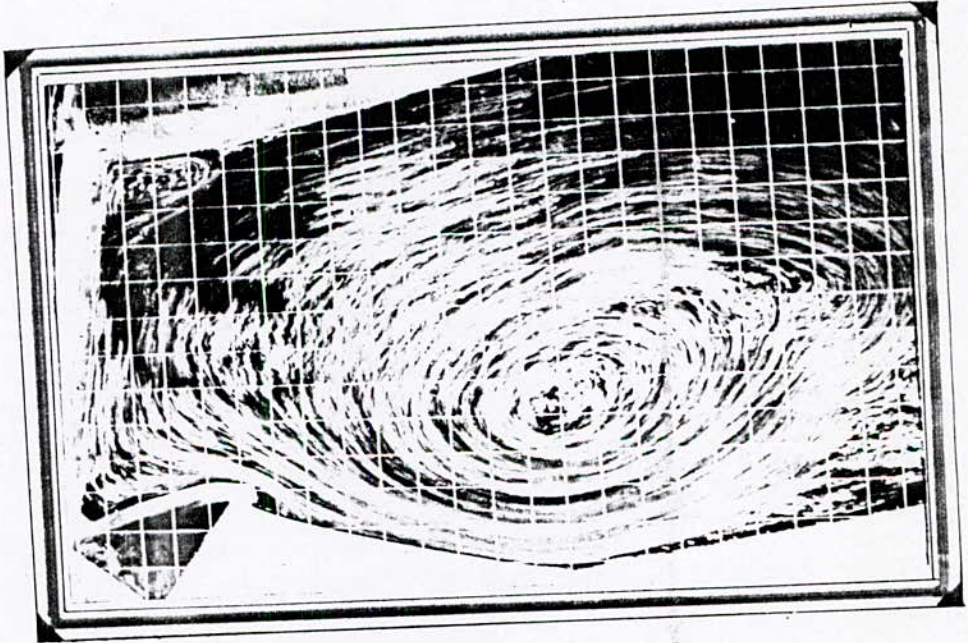
$Q = 4 \text{ l/s}$

$t = 180 \text{ s}$



$Q = 4 \text{ l/s}$

$t = 200 \text{ s}$

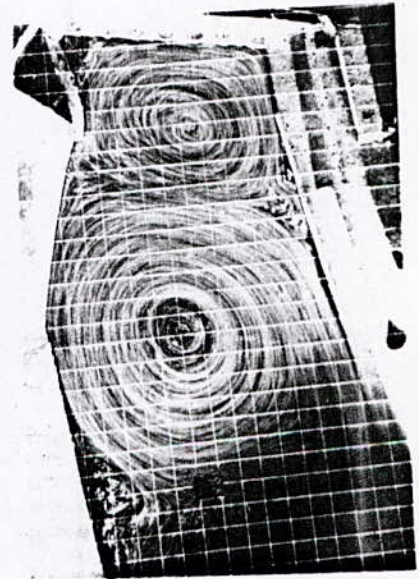


$Q = 4 \text{ l/s}$

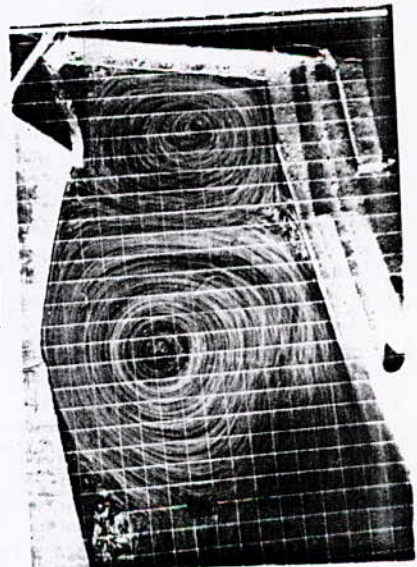
$t = 230 \text{ s}$



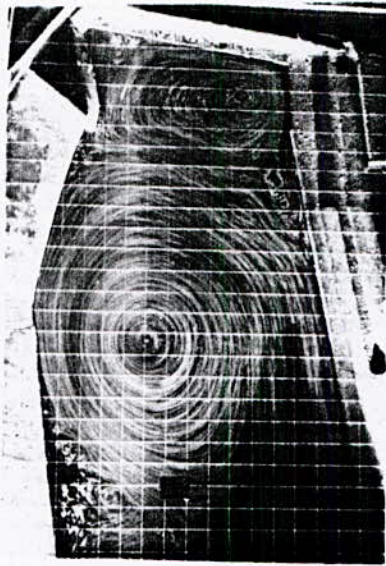
$t = 80 \text{ s}$



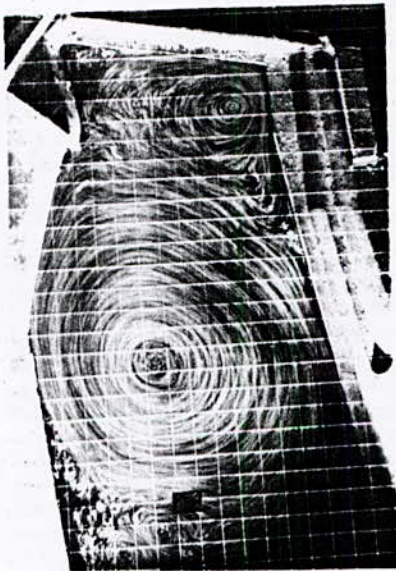
$t = 90 \text{ s}$



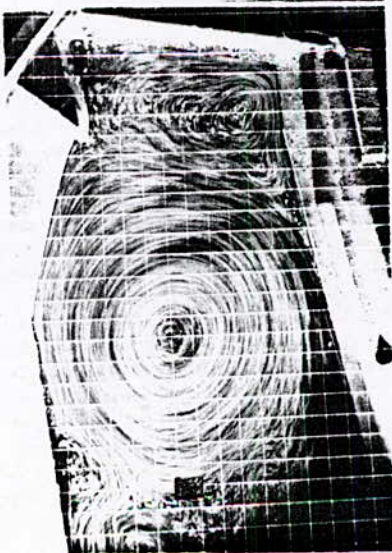
$t = 100 \text{ s}$



$t = 110 \text{ s}$



$t = 120 \text{ s}$

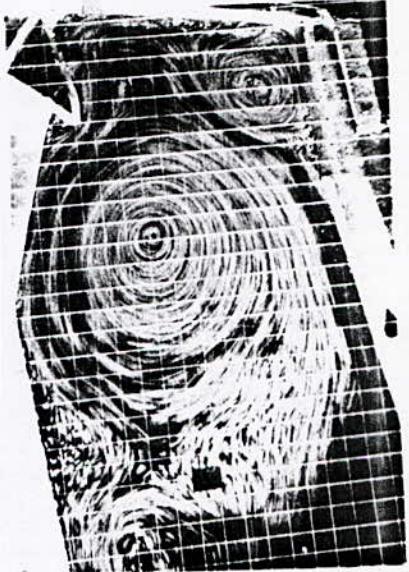


$t = 130 \text{ s}$

$Q = 6.32 \text{ l/s}$



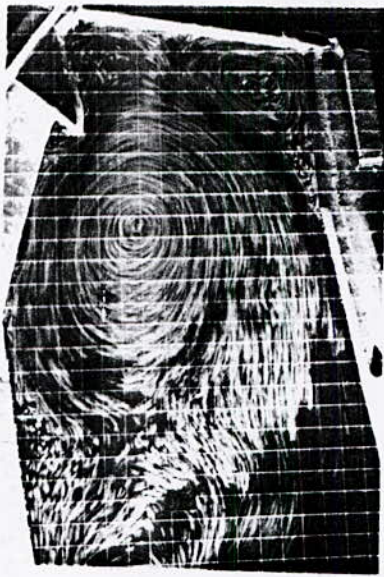
$t = 270 \text{ s}$



$t = 280 \text{ s}$



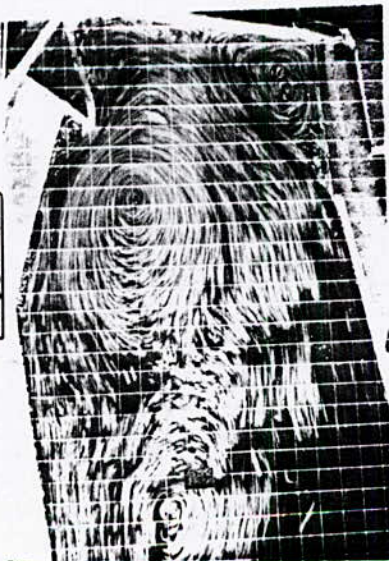
$t = 290 \text{ s}$



$t = 300 \text{ s}$

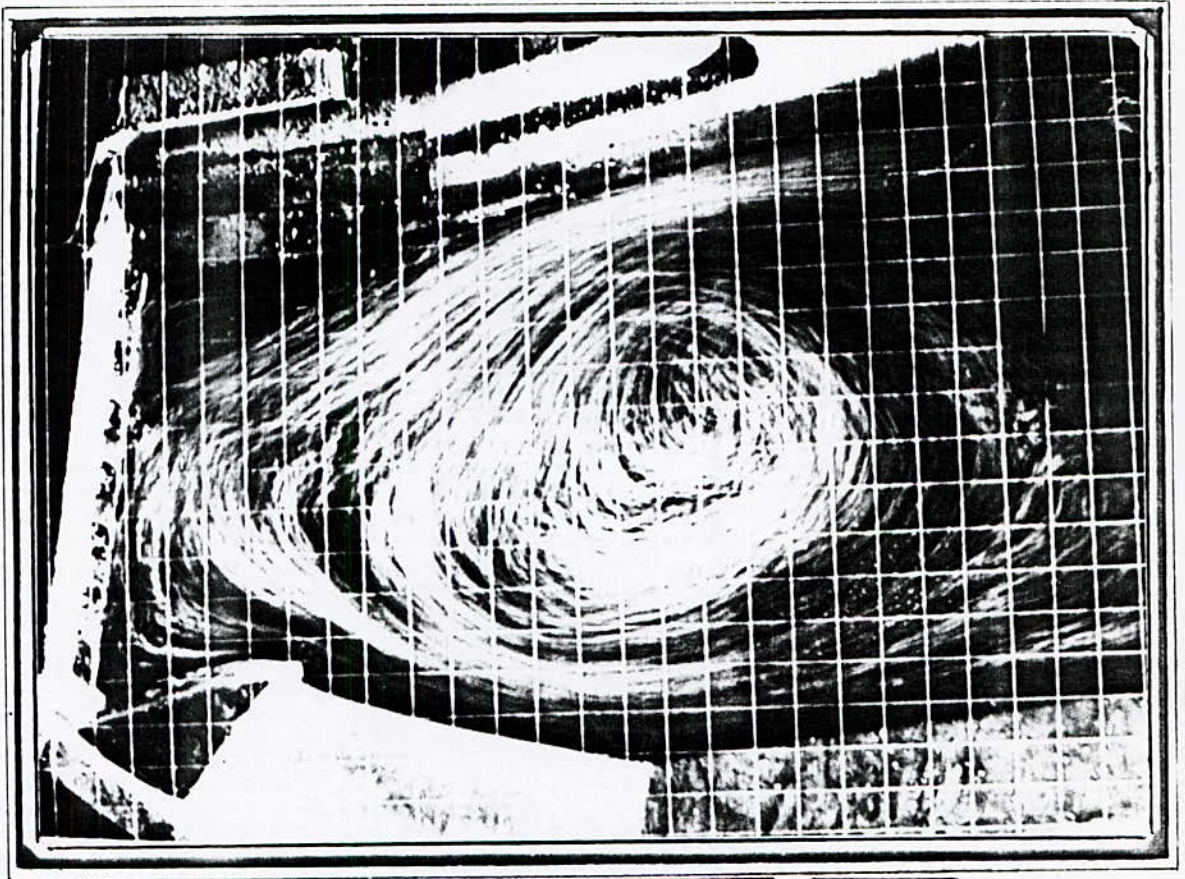


$t = 310 \text{ s}$



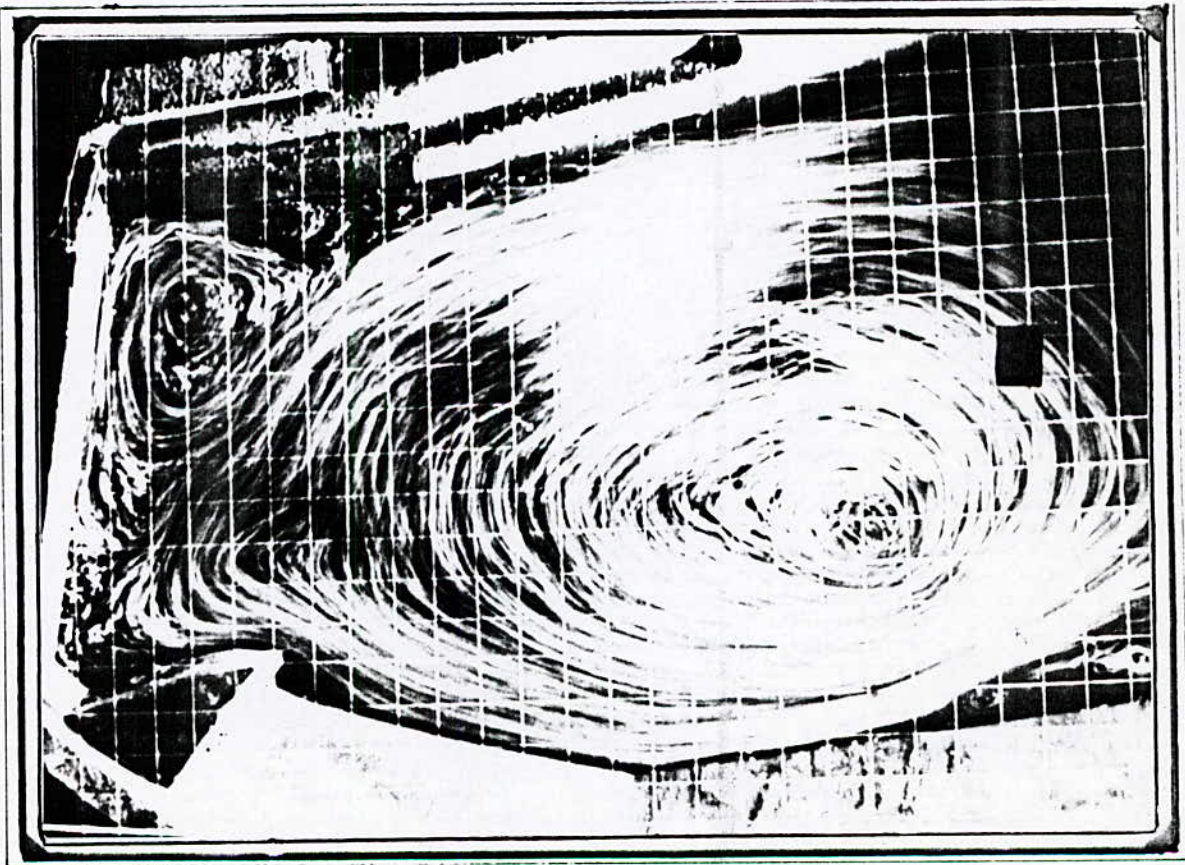
$t = 320 \text{ s}$

$Q = 6.32 \text{ l/s}$



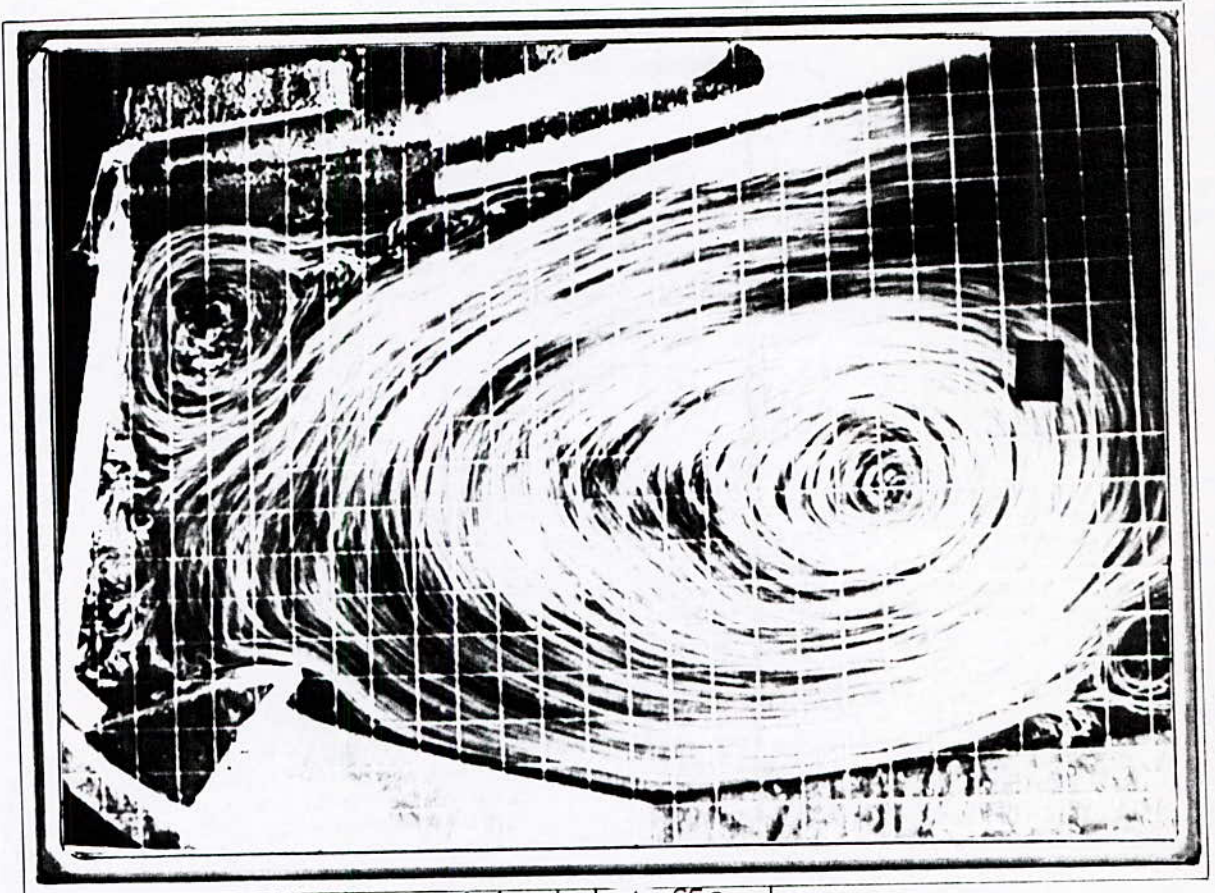
$Q = 10 \text{ l/s}$

$t = 25 \text{ s}$

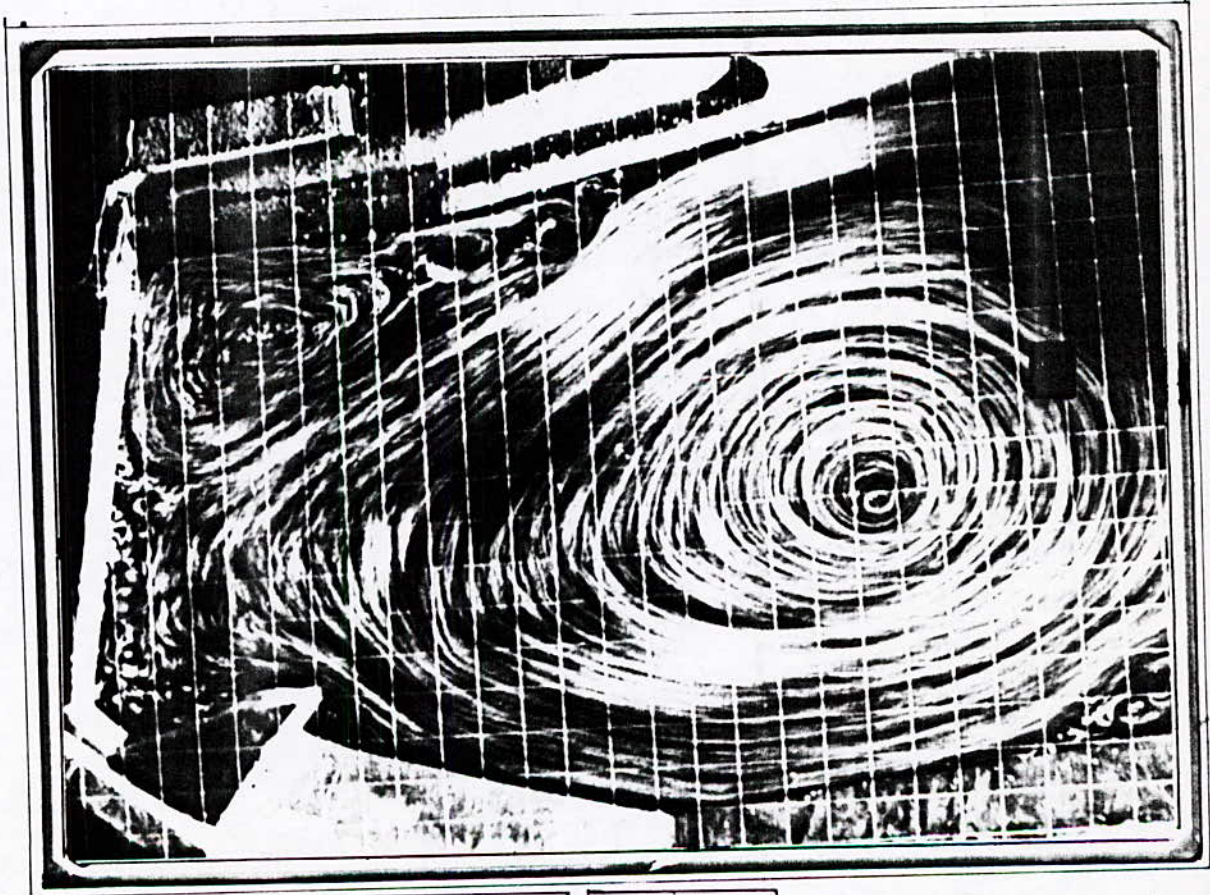


$Q = 10 \text{ l/s}$

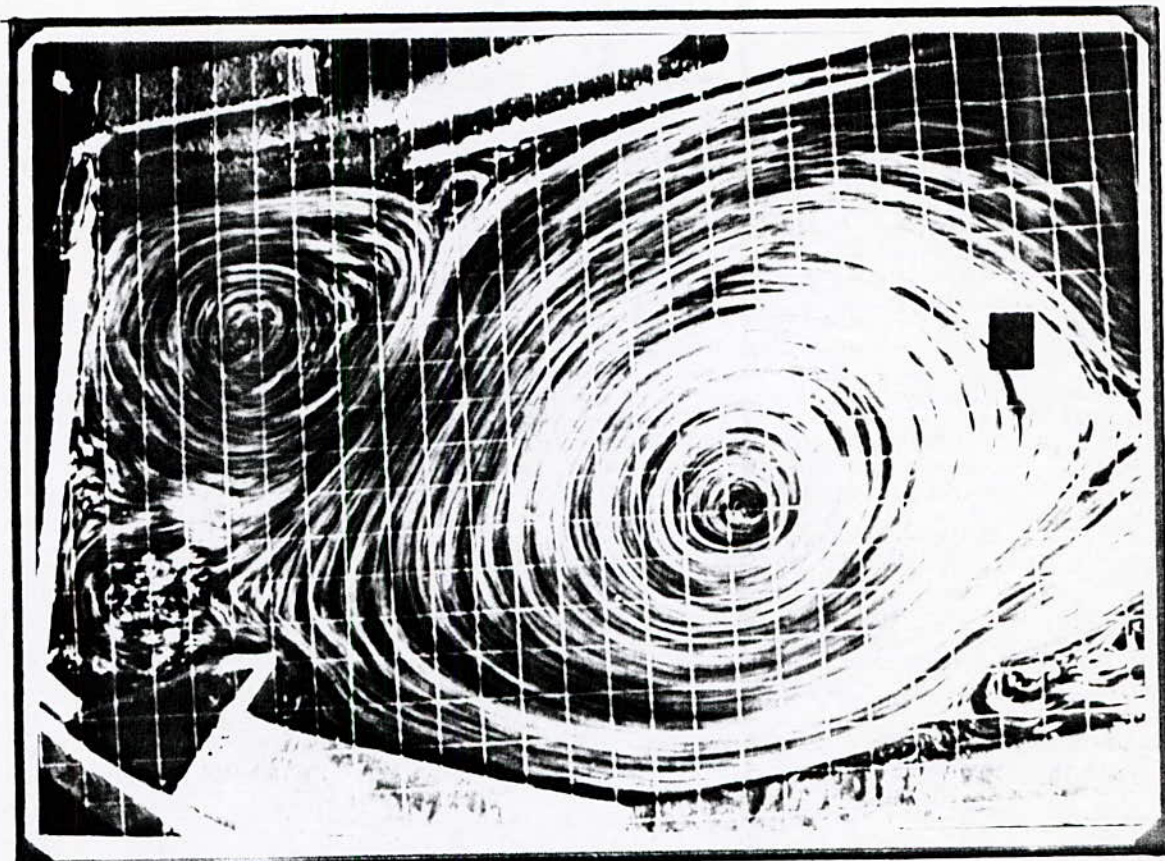
$t = 55 \text{ s}$



$Q = 10 \text{ l/s}$ $t = 65 \text{ s}$

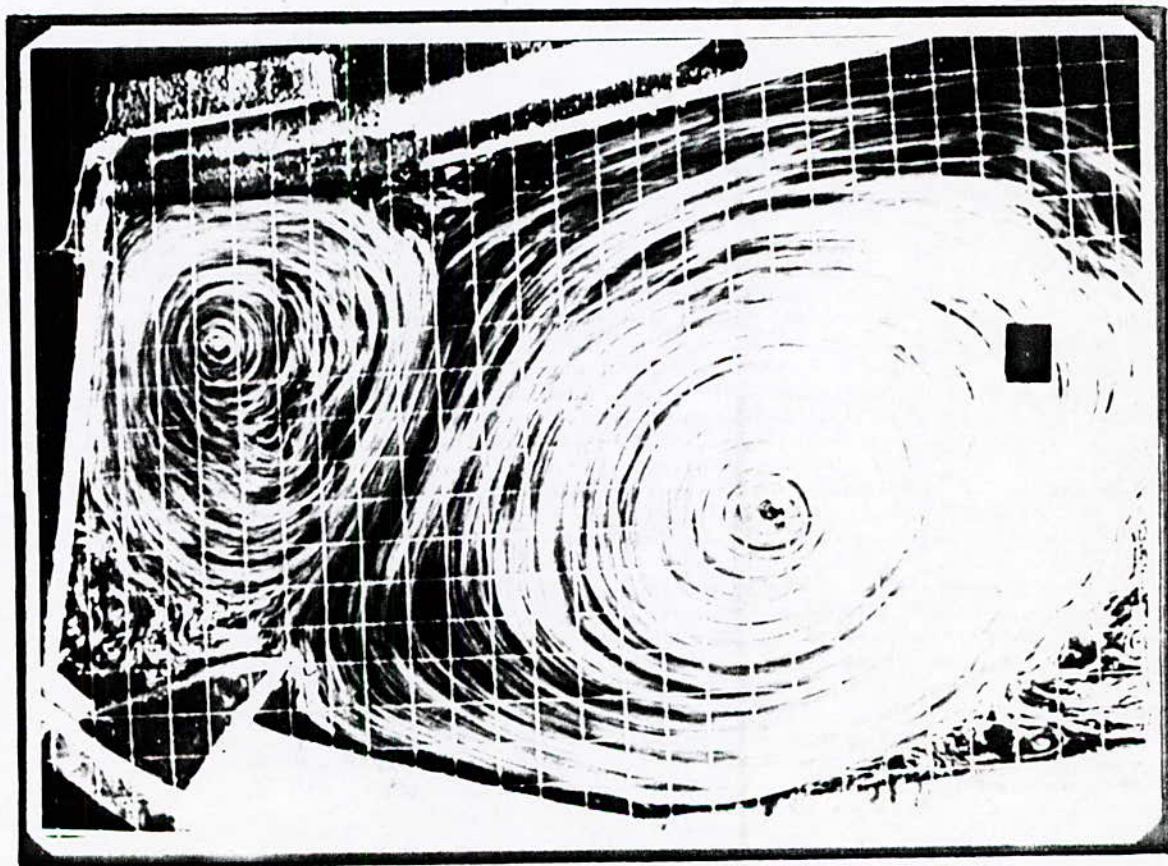


$Q = 10 \text{ l/s}$ $t = 75 \text{ s}$



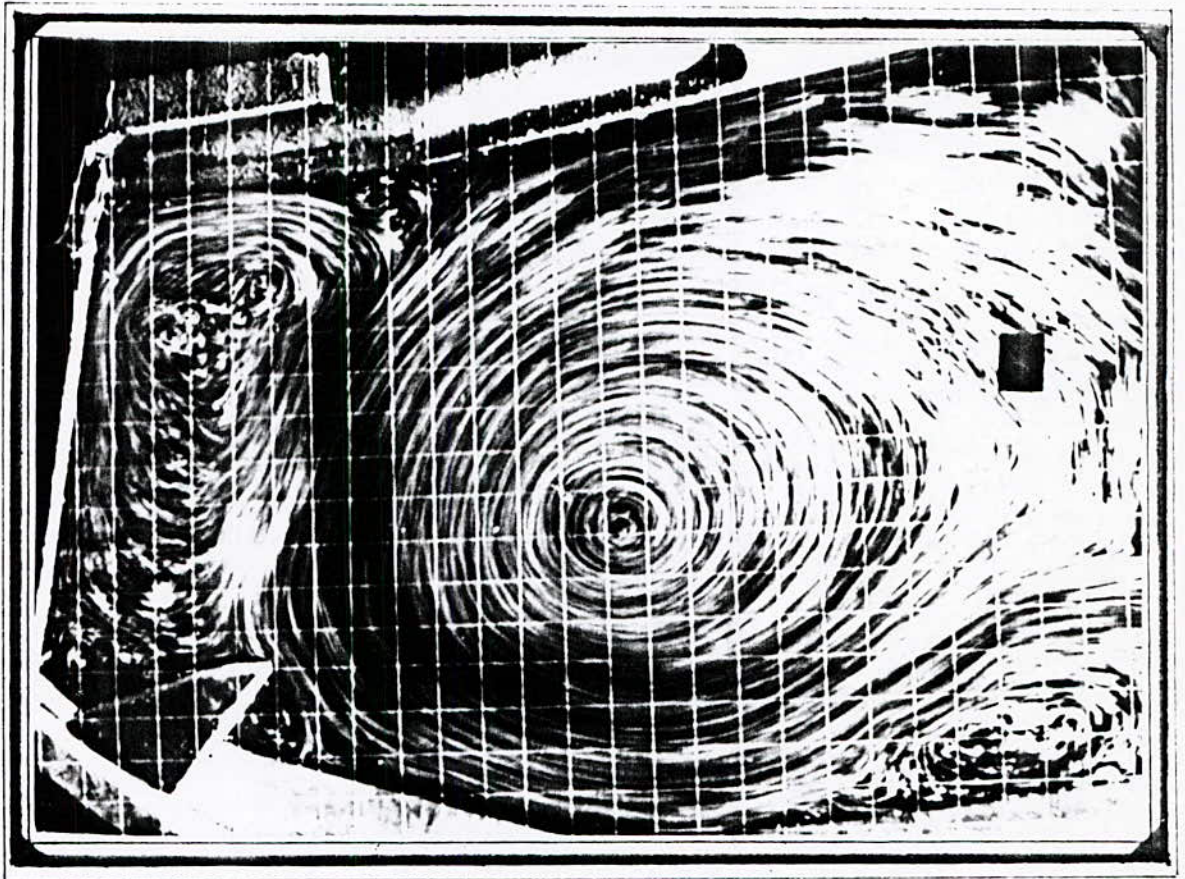
$Q=10 \text{ V/s}$

$t=105 \text{ s}$



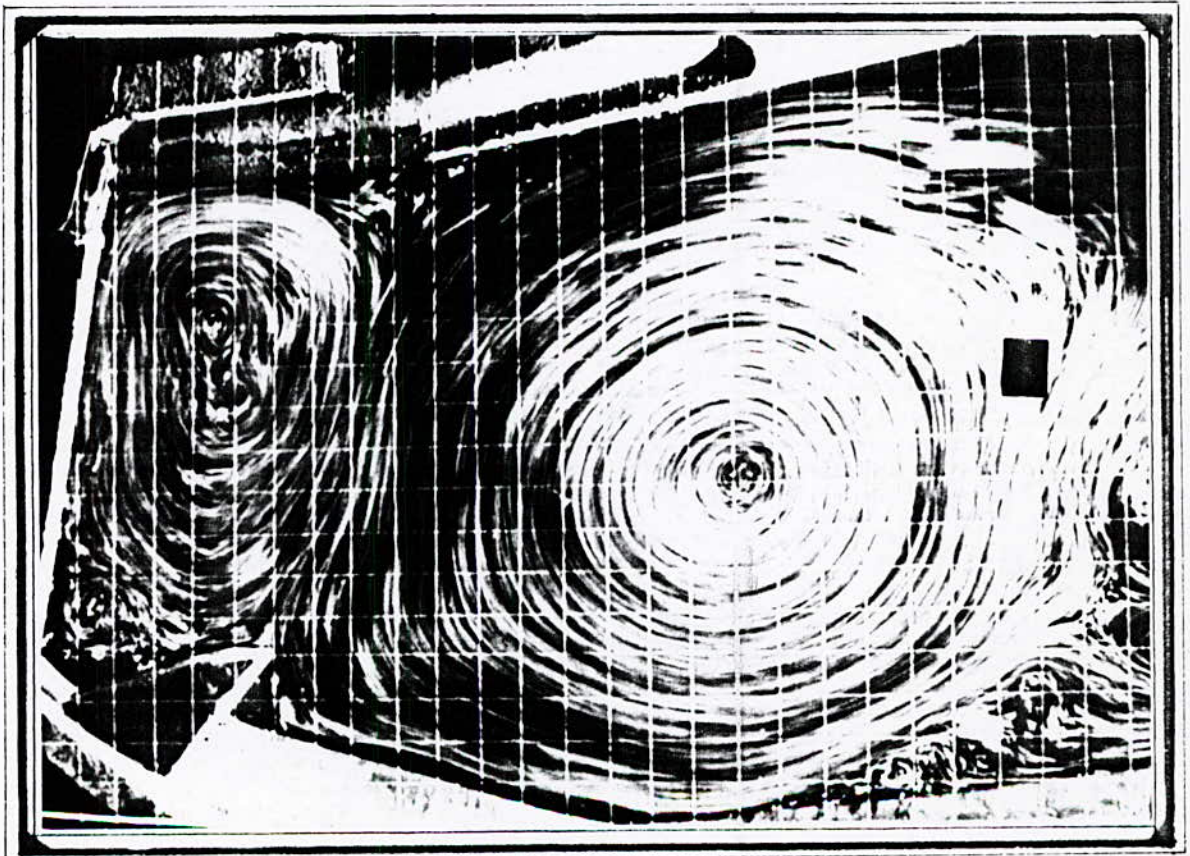
$Q=10 \text{ V/s}$

$t=125 \text{ s}$



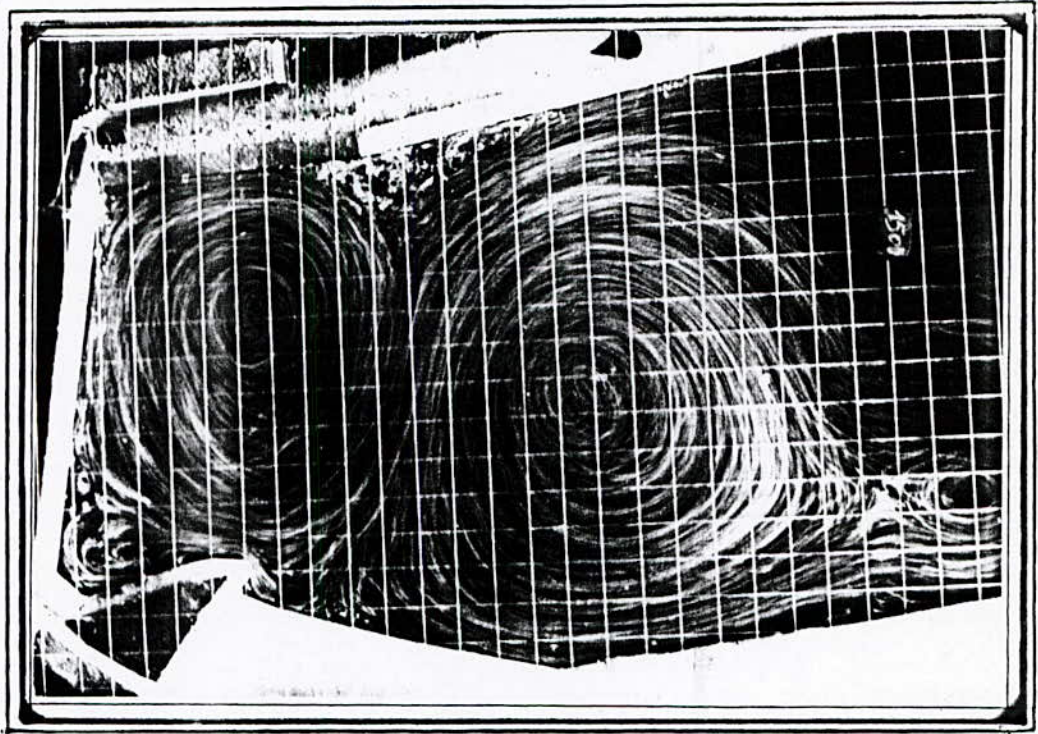
$Q = 10 \text{ l/s}$

$t = 155 \text{ s}$



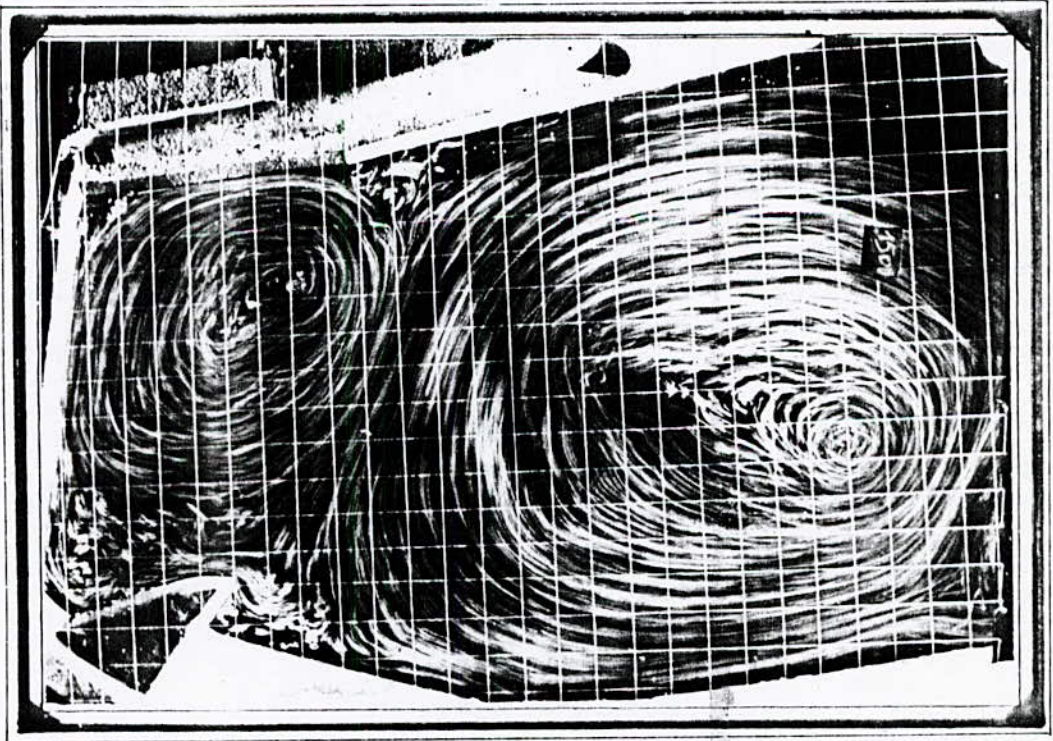
$Q = 10 \text{ l/s}$

$t = 135 \text{ s}$



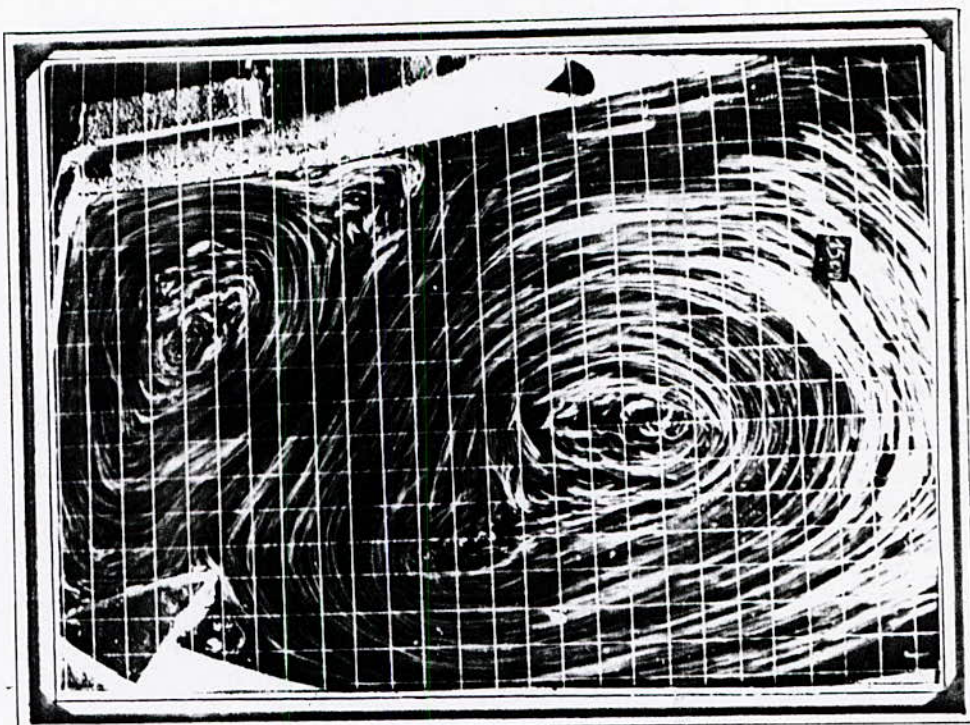
$Q = 15 \text{ l/s}$

$t = 105 \text{ s}$



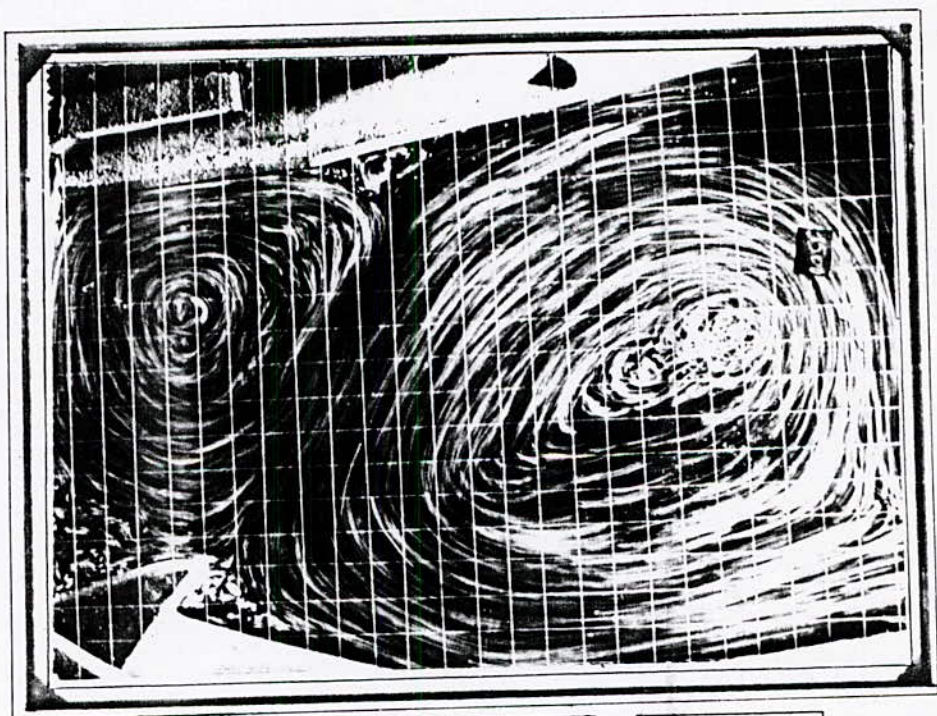
$Q = 15 \text{ l/s}$

$t = 95 \text{ s}$



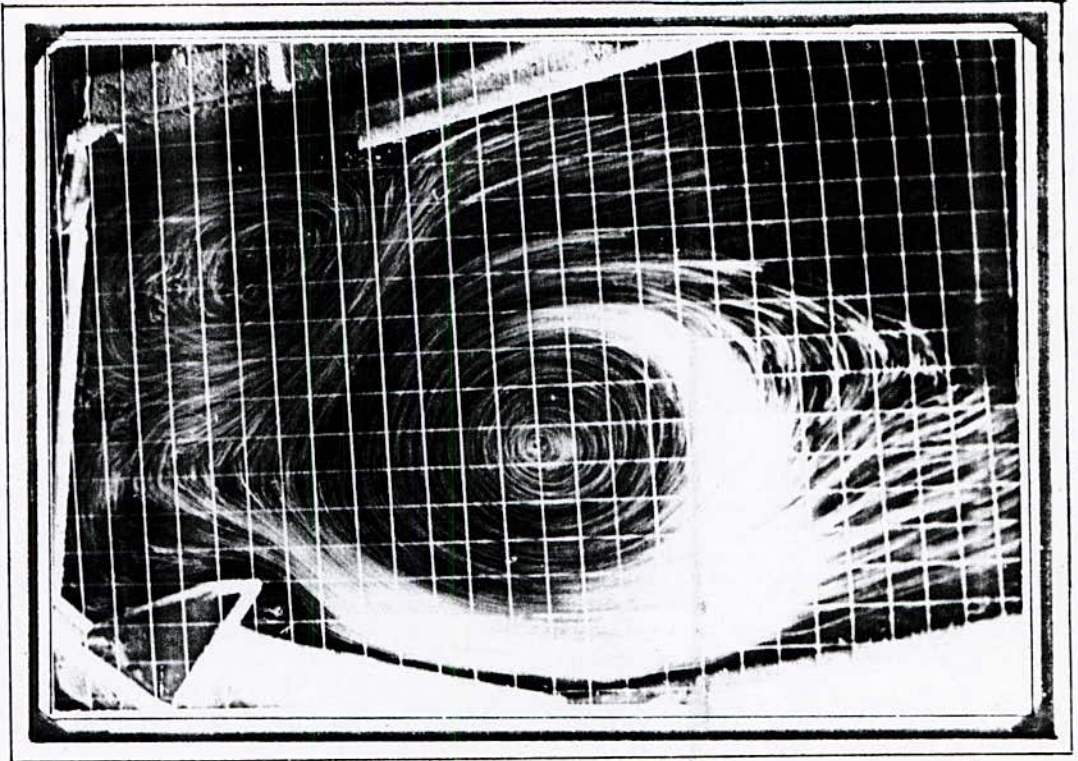
$Q = 15 \text{ l/s}$

$t = 155 \text{ s}$



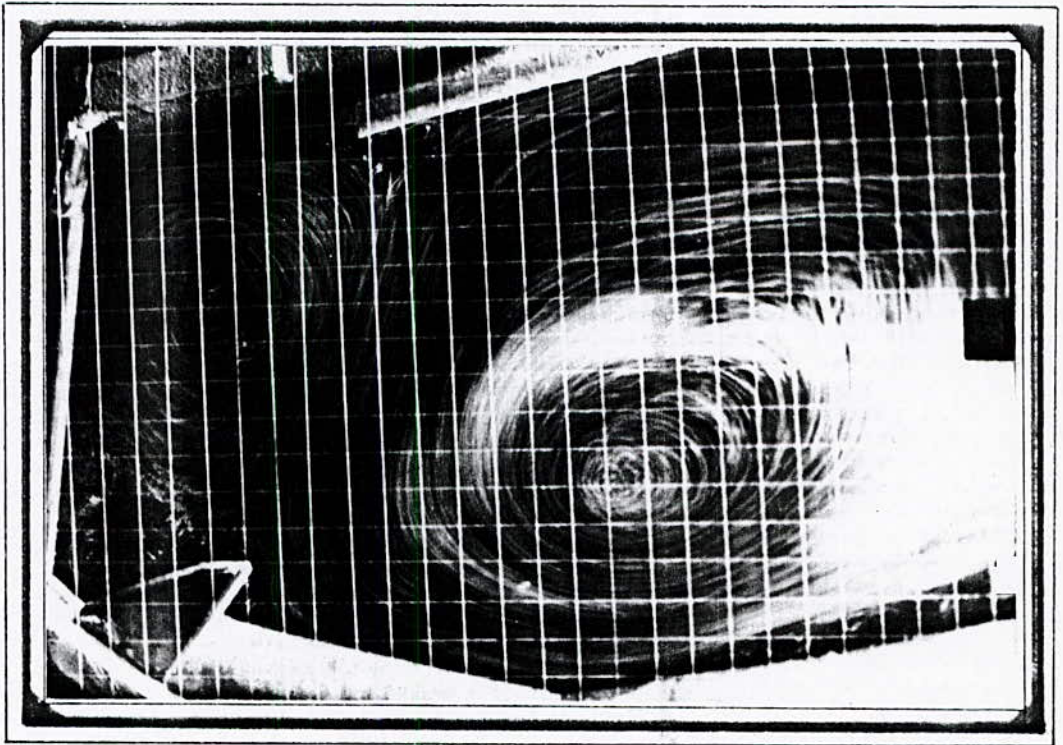
$Q = 15 \text{ l/s}$

$t = 165 \text{ s}$



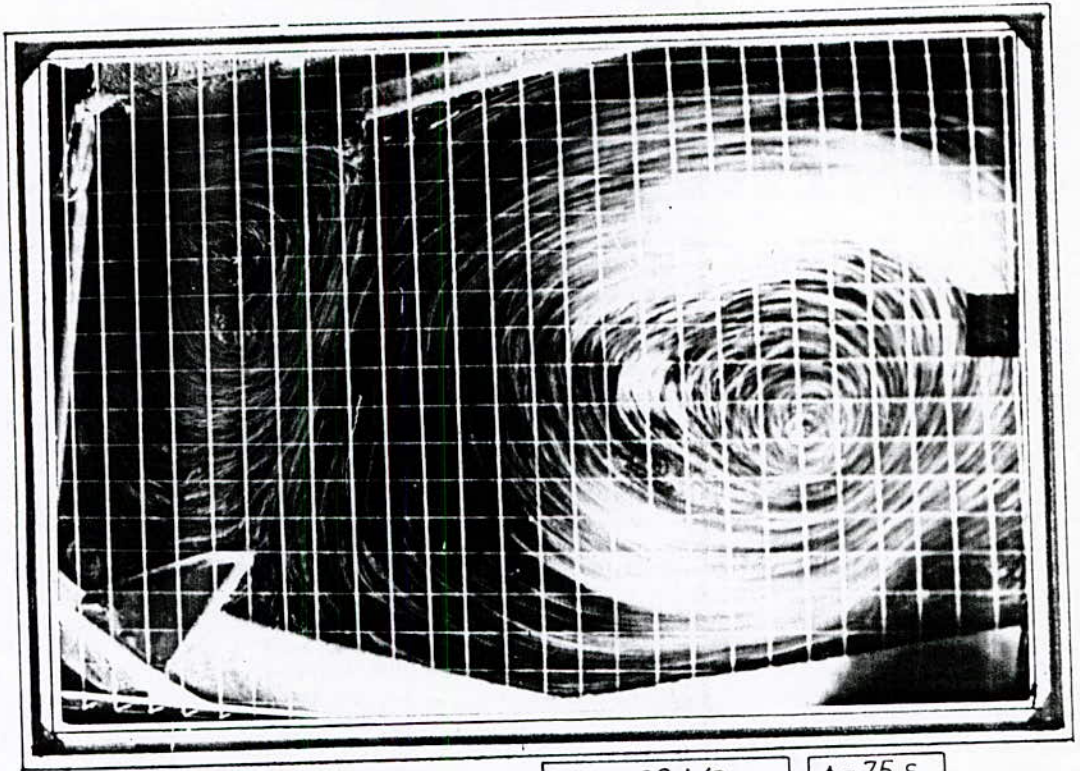
$Q = 20V/s$

$t = 55s$



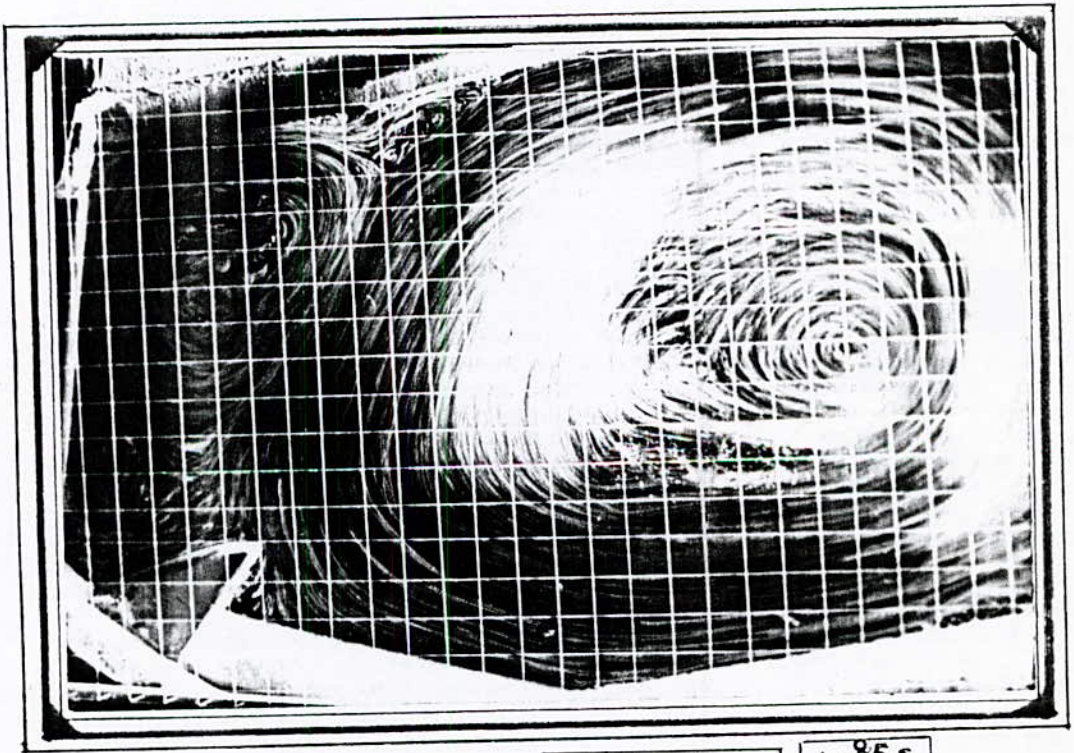
$Q = 20V/s$

$t = 65s$



$Q = 20 \text{ l/s}$

$t = 75 \text{ s}$



$Q = 20 \text{ l/s}$

$t = 85 \text{ s}$

b / Deuxième cas de configuration

Dans ce cas, on obtient une configuration d'écoulement à la limite de la stabilité fig 20, 22 et 24 (pages 49, 51 et 53) les deux rouleaux se stabilisent le long de l'axe moyen de la retenue.

IV.3 Etude quantitative de l'évolution spatio-temporelle des centres des rouleaux de recirculation

On a caractérisé l'évolution spatio-temporelle de la structure de recirculation par la variation dans le temps des trajectoires des centres des rouleaux. Ces centres sont repérés par la distance D_R qui les sépare et par leurs coordonnées (X_{Ri}, Y_{Ri}) relatives à des axes liés à la retenue; O_X et O_y sont respectivement l'axe moyen de la retenue et la crête du déversoir (fig 25, page 55). Par ailleurs, les deux rouleaux seront indicés par I et II.

L'interprétation des courbes représentées sur les figures 26 à 32 (pages 56 à 62) permet de conclure que :

- * Le comportement oscillatoire des centres des rouleaux s'effectue plus rapidement durant les premiers instants de la crue.
- * La structure de recirculation tend à se stabiliser lentement. Ceci s'explique par le fait que l'effet de la quantité de mouvement est prépondérant à l'effet de frottement du mécanisme de l'évolution de la structure.

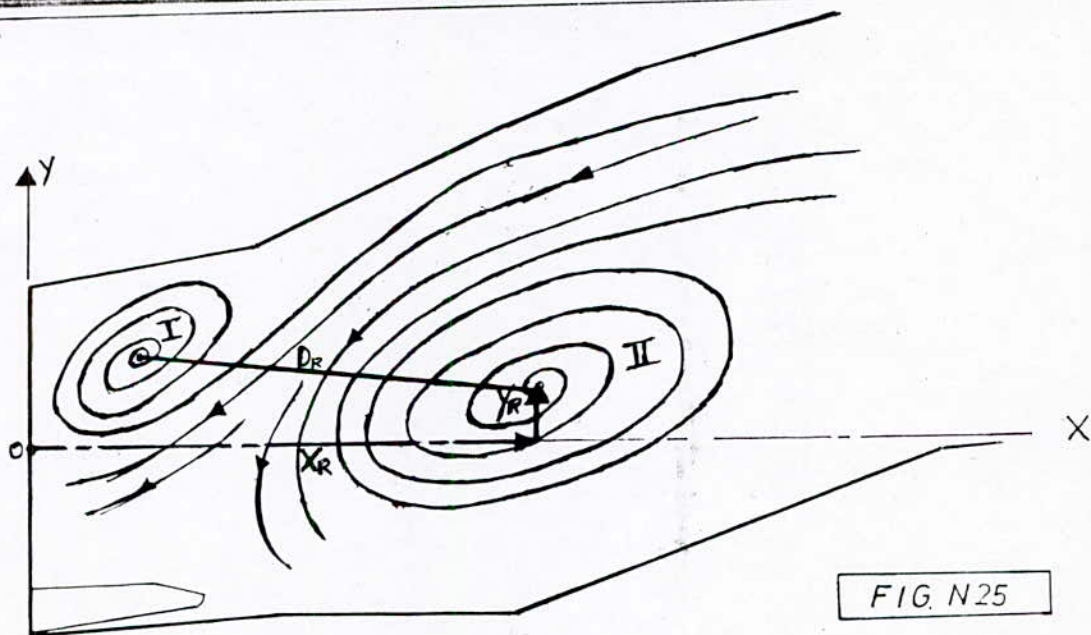
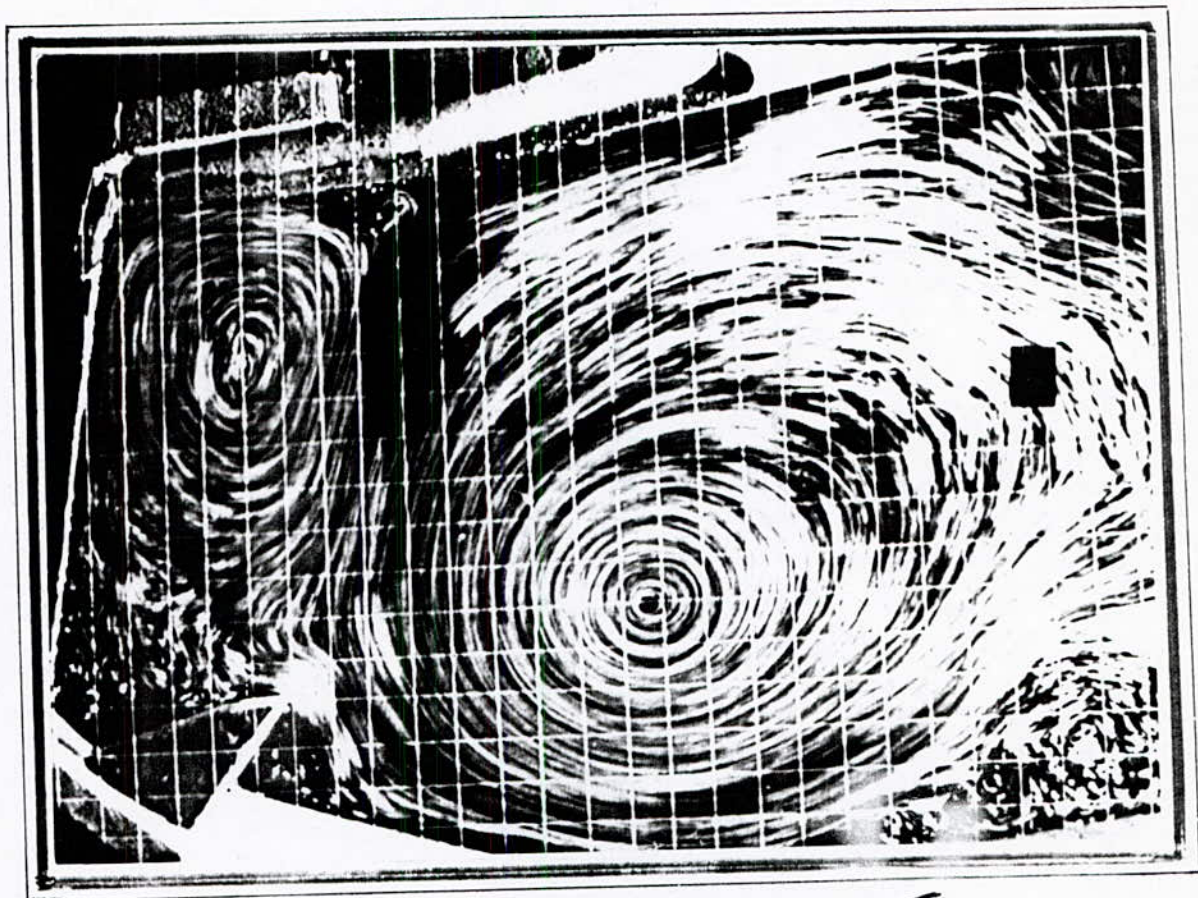


FIG. N25

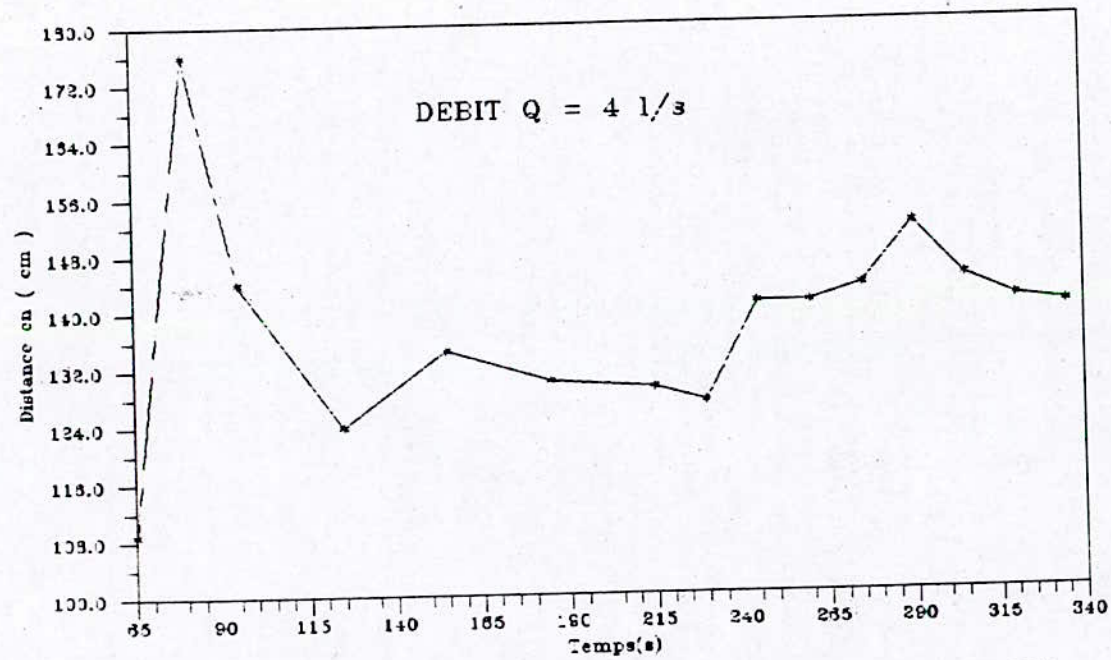


FIG 26 - VARIATION DE LA DISTANCE DR EN FONCTION DU TEMPS

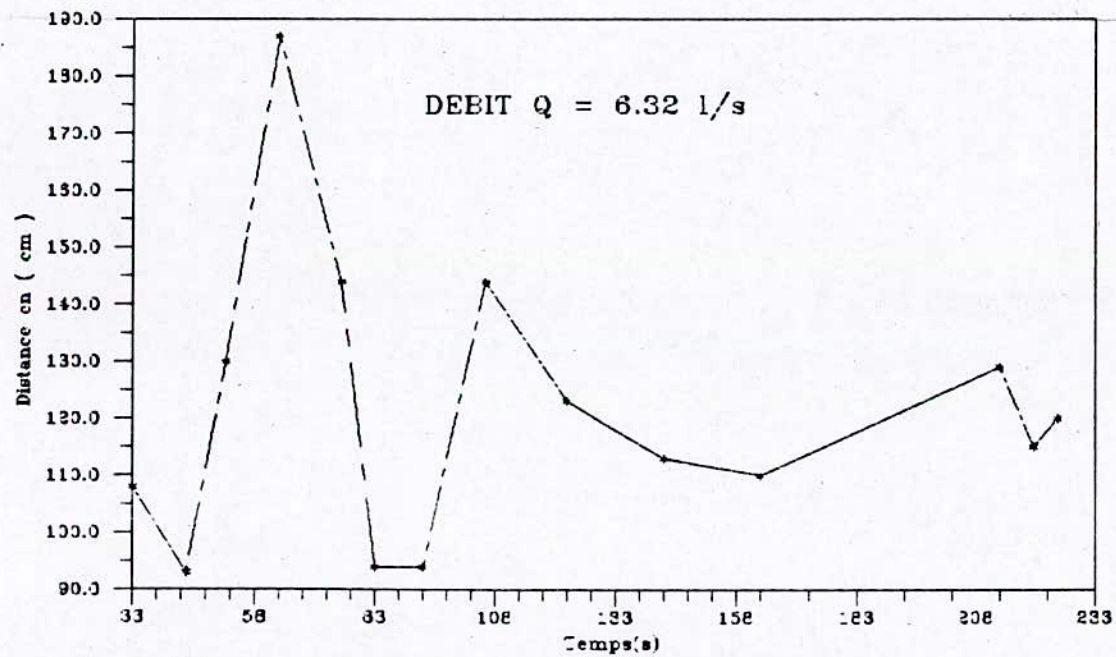


FIG 27 - VARIATION DE LA DISTANCE DR EN FONCTION DU TEMPS

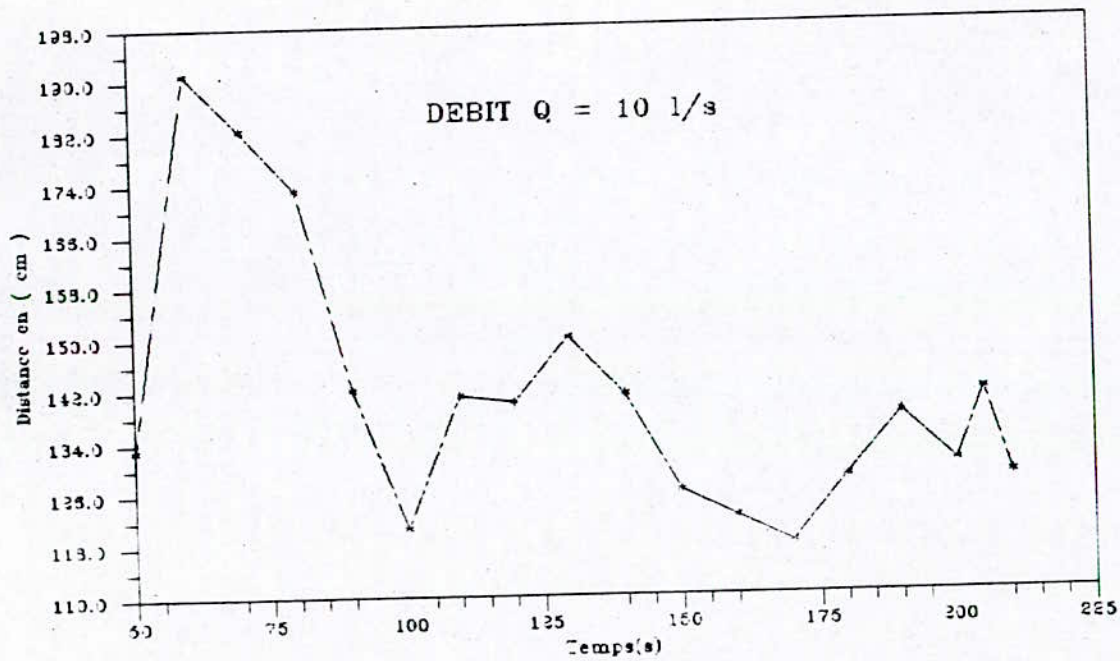


FIG 28 - VARIATION DE LA DISTANCE D_p EN FONCTION DU TEMPS

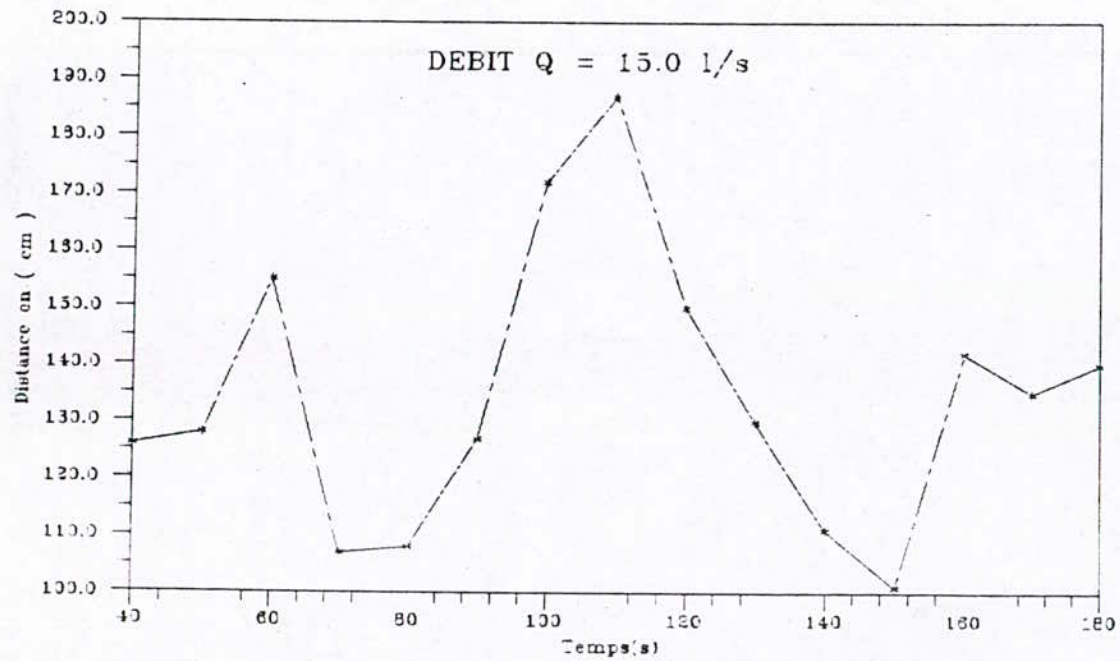


FIG 29 - VARIATION DE LA DISTANCE DR EN FONCTION DU TEMPS

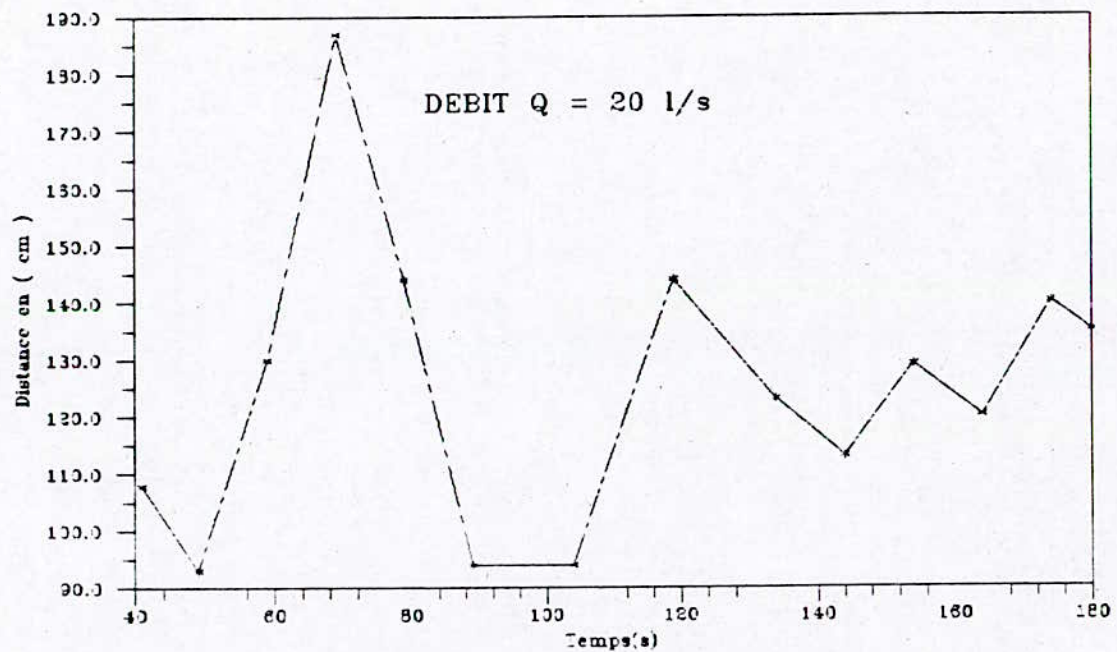


FIG 30 - VARIATION DE LA DISTANCE D_p EN FONCTION DU TEMPS

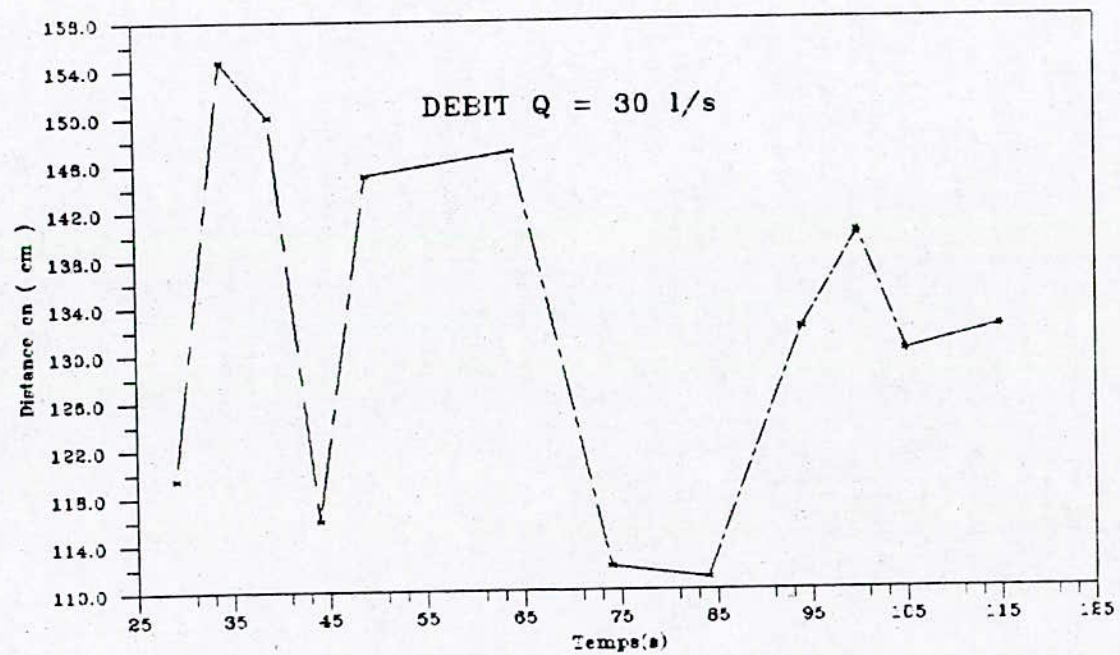


FIG 31 - VARIATION DE LA DISTANCE D_p EN FONCTION DU TEMPS

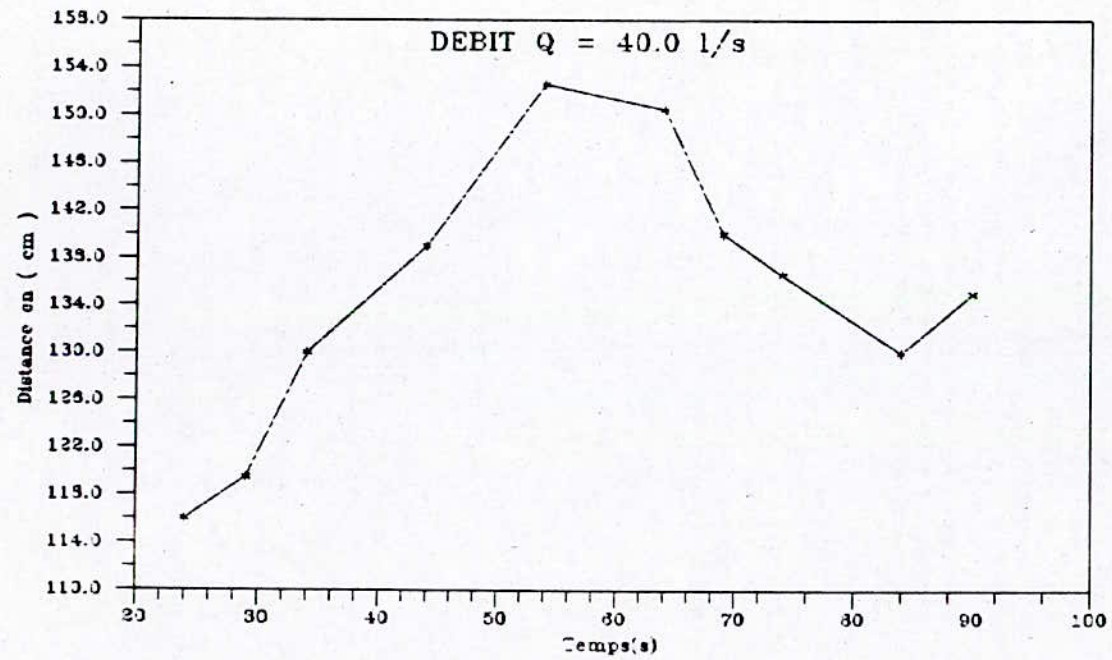


FIG 32 - VARIATION DE LA DISTANCE DR EN FONCTION DU TEMPS

IV.4 Influence du débit d'apport sur l'évolution de la structure stable

Les types de structures stables obtenus en fin du régime transitoire pour chaque débit, gardent toujours une configuration à deux rouleaux de recirculation.

Les positions des centres de ces derniers sont repérées par leurs coordonnées respectifs (X_I, Y_I) et (X_{II}, Y_{II}) dans le même système de la figure 25 (page 55).

A cet effet, l'étude des relations addimensionnelles des positions des centres des rouleaux en fonction du nombre de Froude qui est lié au débit d'apport, est donnée par la représentation graphique de la fig 33 (page 64).

On constate que lorsque le nombre de Froude augmente, la structure de l'écoulement composée au départ de deux rouleaux de dimensions différentes non symétriques évolue en première étape vers une structure constituée toujours de deux rouleaux mais de dimensions équivalentes, dont les centres restent situés sur l'axe moyen de la retenue. Dans la seconde étape, la structure est ramenée à un seul rouleau occupant la quasi-totalité de la retenue, fig 34 à 37, (pages 65 et 66). Ceci explique d'ailleurs la répartition de la vase dans la retenue.

L'utilisation pratique de ce graphe est une approche pour l'optimisation rationnelle des systèmes de soutirage. De même, il permet la prédiction des zones de dépôt afin d'optimiser la durée du dévasement par le dragage mécanique.

Il reste néanmoins à étudier les dispositifs dynamiques et

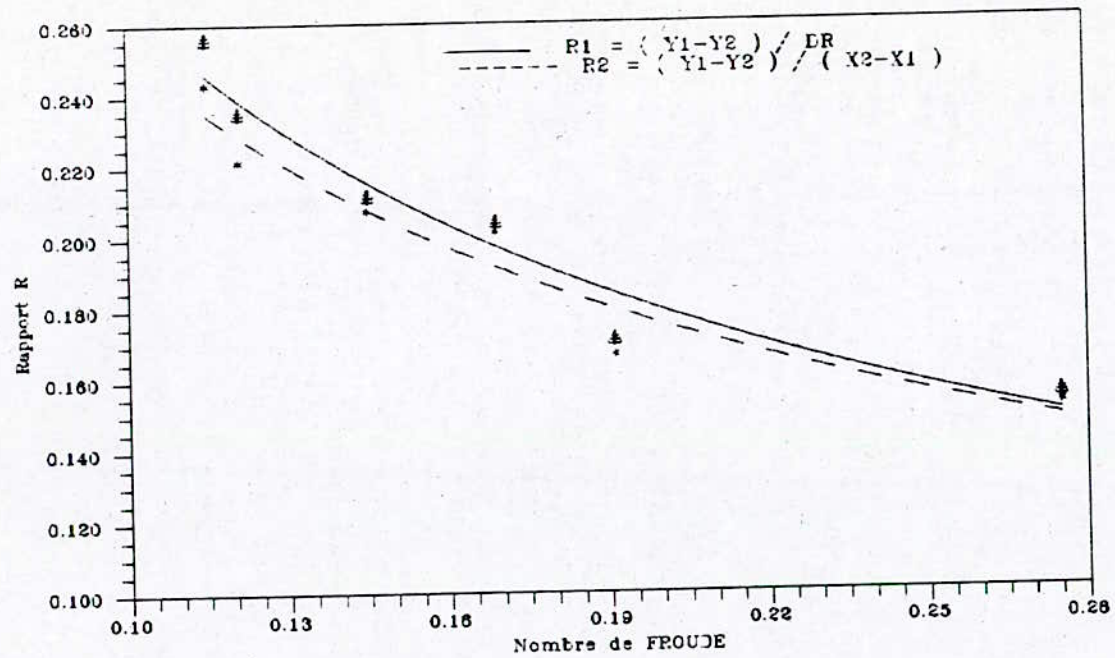


FIG 33 VARIATION DU RAPPORT R EN FONCTION DU NOMBRE DE FROUDE

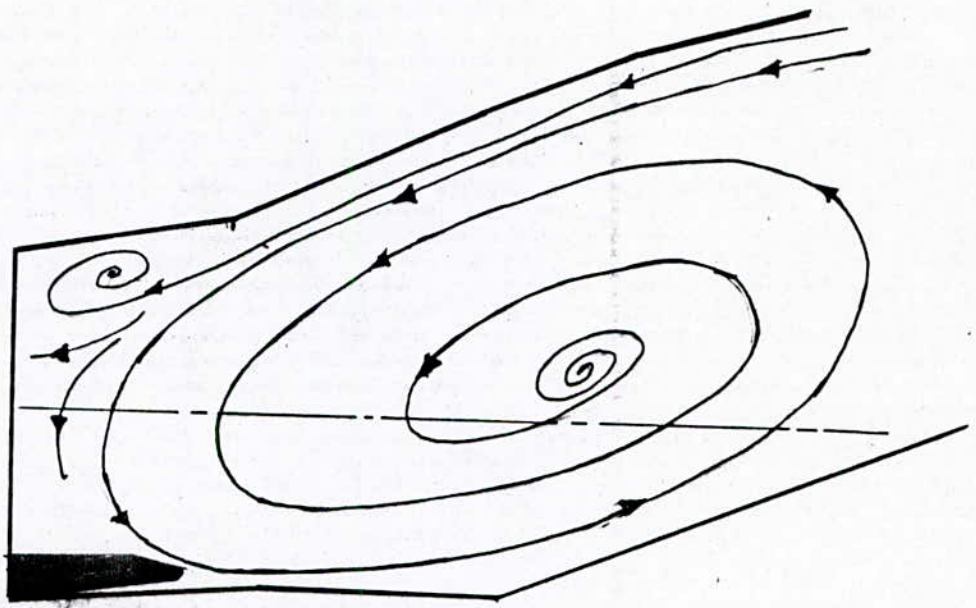


FIG 34

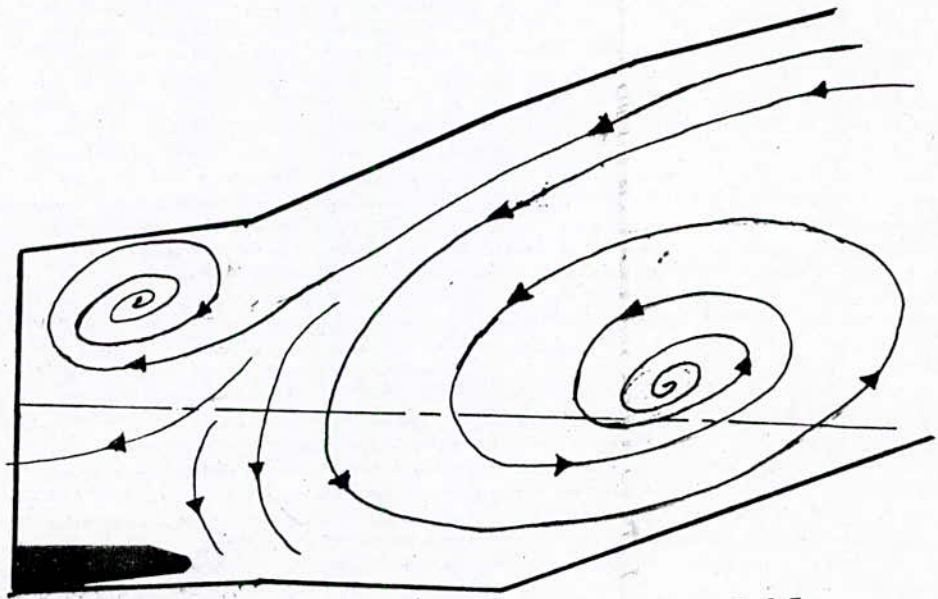


FIG 35

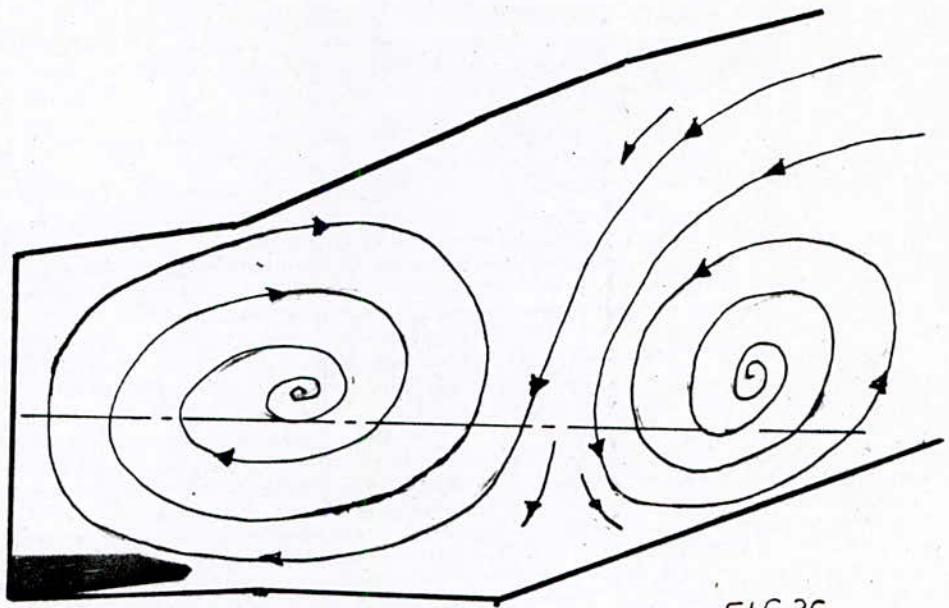


FIG 36

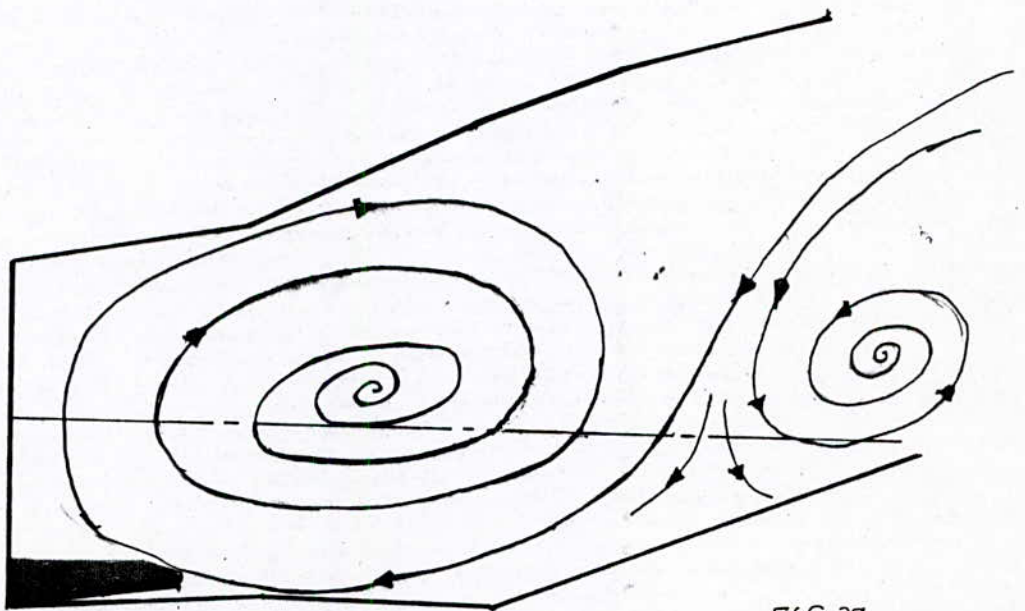


FIG 37

physiques pour déplacer ces zones loins des organes vitaux du barrage ou bien dans des endroits accessibles aux moyens mécaniques.

IV.5 Paramètres influencant la structure de recirculation

En parallèle à cette étude, on a essayé de voir les paramètres qui peuvent influencer sur l'évolution de la structure de recirculation.

IV.5.1 Influence de l'orientation de l'écoulement amont sur la structure de recirculation

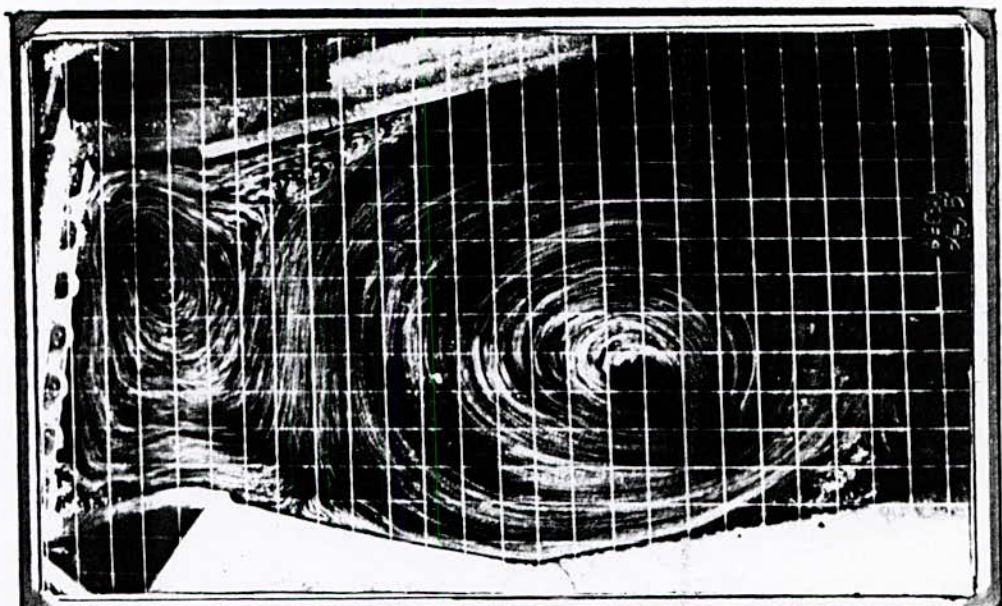
Une étude préliminaire a été faite sur l'influence de l'orientation de l'injection du débit par rapport à l'axe moyen de la retenue.

Dans ce but, on a fait une étude qualitative sur l'évolution spatio-temporelle de la structure de recirculation et cela pour trois orientations différentes ($\delta = 15^\circ$, $\delta = 22^\circ$ et $\delta = 30^\circ$) avec débits faibles (4 l/s et 6,32 l/s) et moyens (10 l/s et 15 l/s).

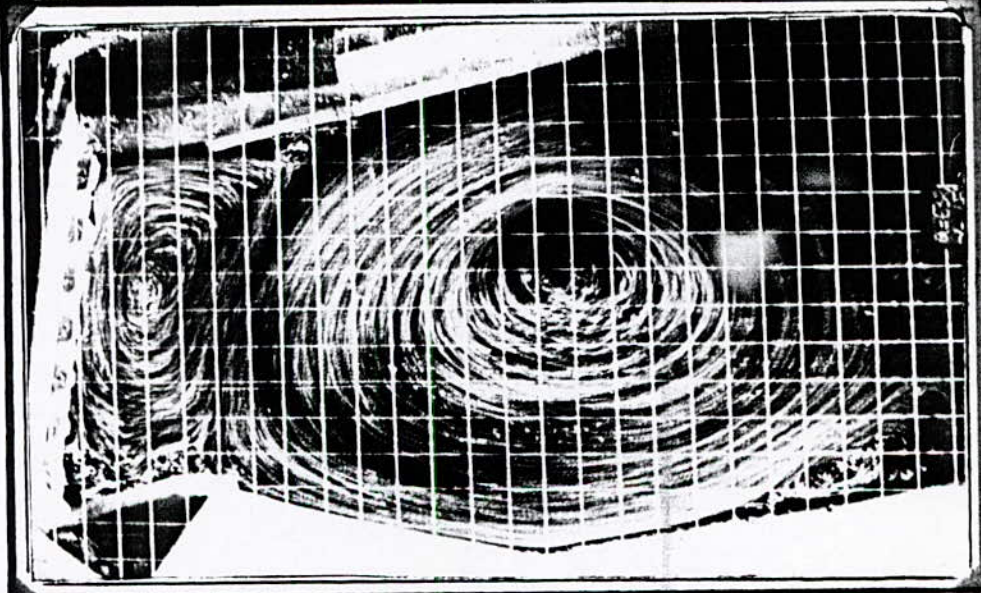
Ceci a permis de dégager les conclusions suivantes :

- * Pour les débits de crue faibles : on remarque qu'il n'y a pas beaucoup de changements dans la configuration de recirculation avec la précédente (cf IV.2), surtout pour $\delta = 15^\circ$, comme le montre la fig 39 (pages 68 et 69).
- * Pour les débits de crue moyens : les photographies de la figure 40 (page 70) montrent un troisième rouleau de dimensions relativement petites situé à l'entrée de la retenue.

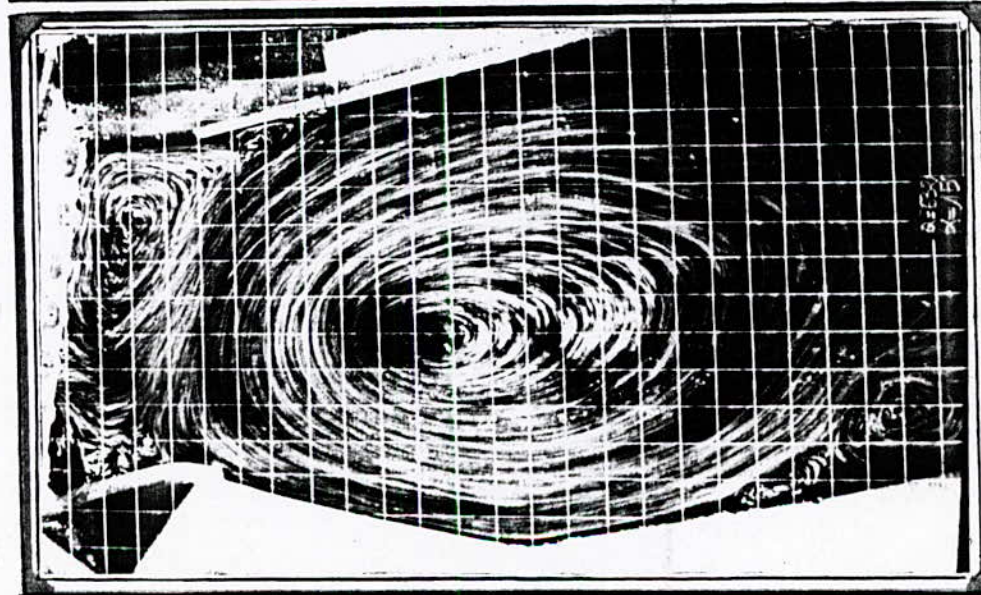
$Q = 6.32 \text{ l/s} \quad \xi = 15^\circ$



$t = 53 \text{ s}$



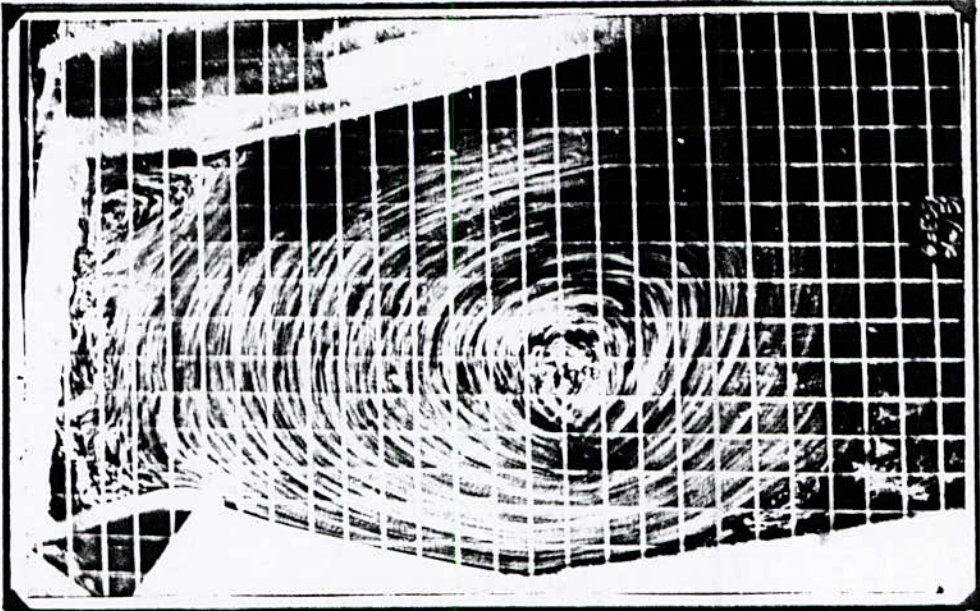
$t = 70 \text{ s}$



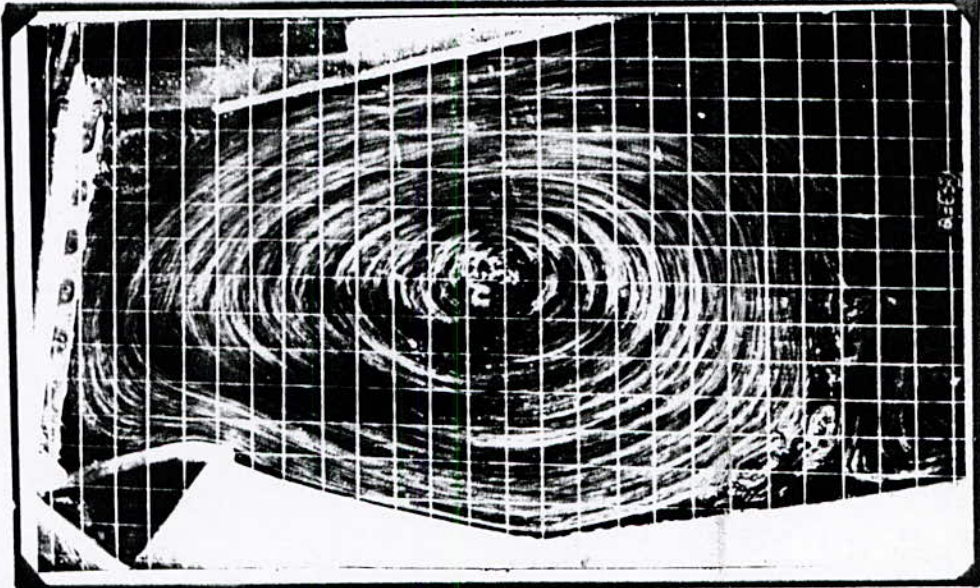
$t = 80 \text{ s}$

FIG 39

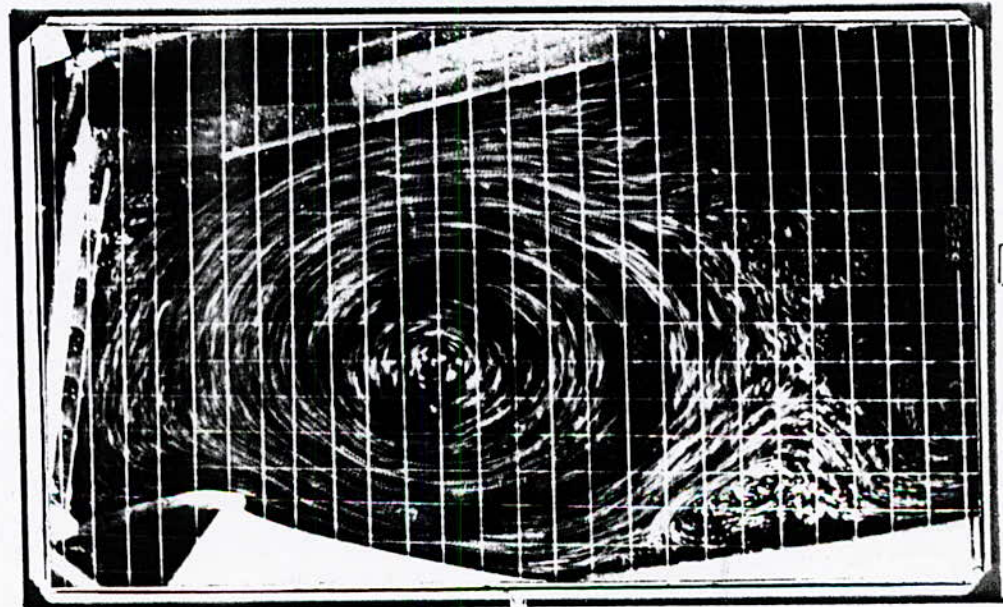
$Q = 632 \text{ l/s}$ $\delta = 15^\circ$



$t = 90 \text{ s}$

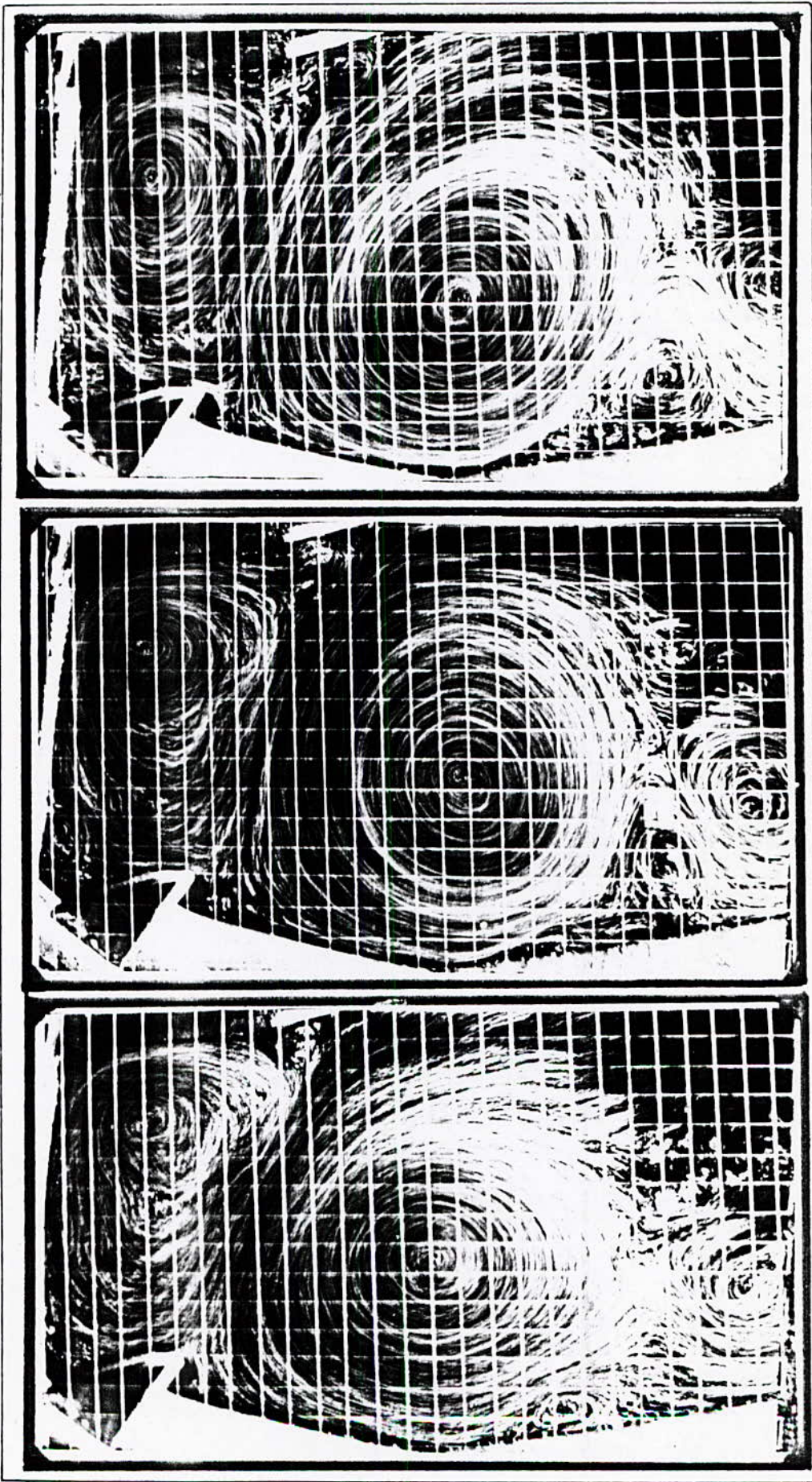


$t = 100 \text{ s}$



$t = 130 \text{ s}$

$Q=15\ 1/s$ $\delta=30^\circ$



$t=75s$

$t=80s$

$t=85s$

FIG 40

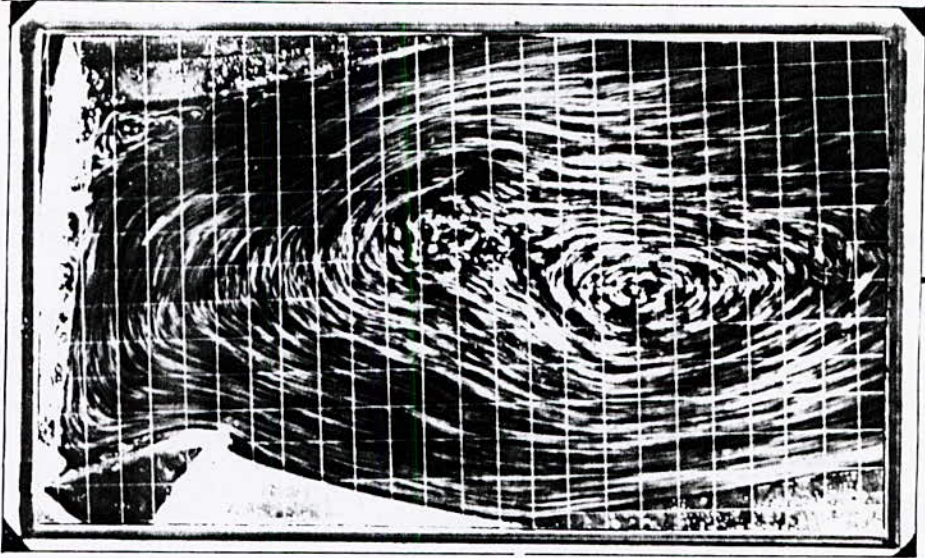
IV.5.2 Influence du soutirage aval

Cette étude préliminaire concerne l'influence de l'effet de soutirage aval. Elle a été effectuée sur deux cas :

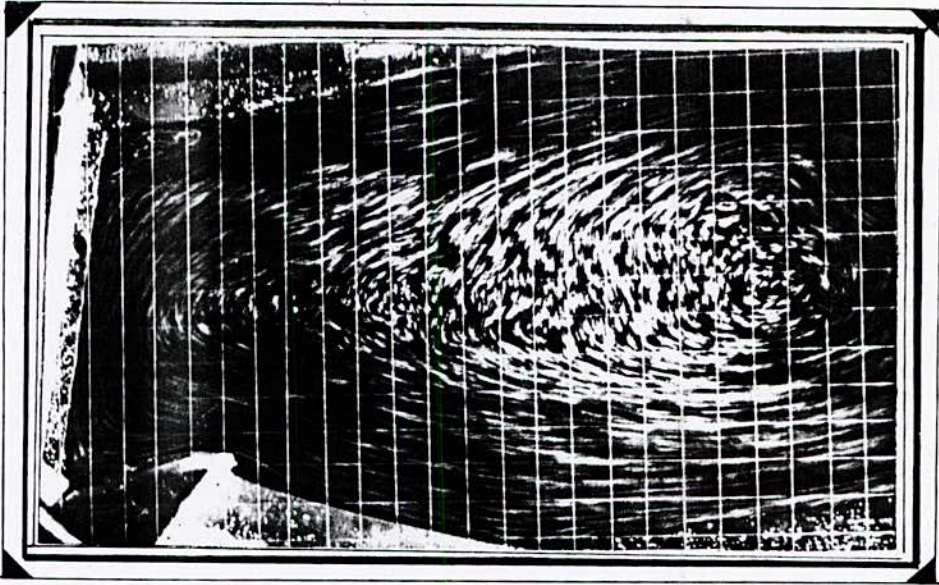
- Avec un apport liquide faible,
- Avec un apport liquide fort.

Elle a permis de tirer les conclusions suivantes :

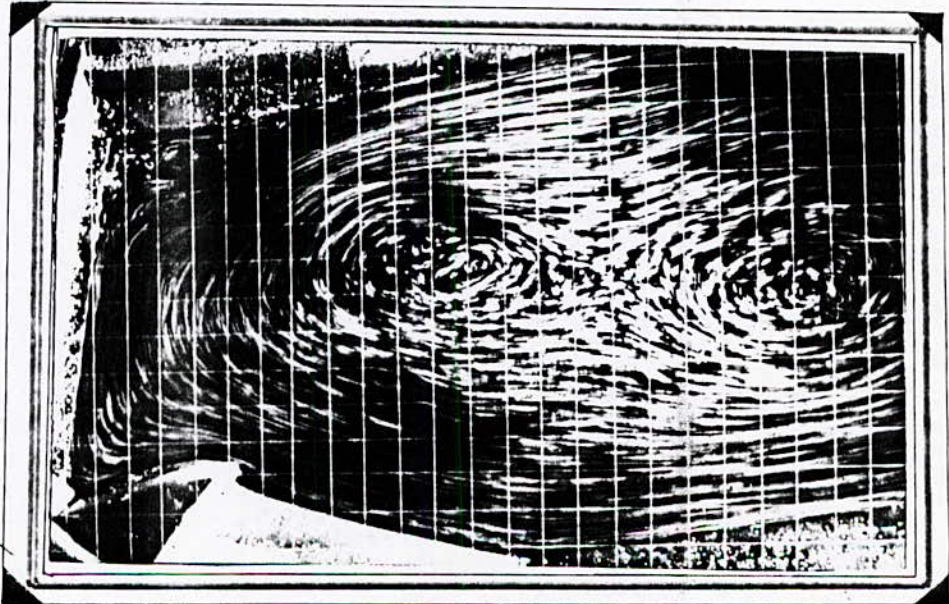
- * Pour le premier cas : (fig 41 à 43 pages 72 à 74) , la structure précédemment obtenue (cf IV.2), composée de deux rouleaux de recirculation a disparu, laissant la place à une structure composée d'un seul rouleau de dimensions importantes occupant la quasi-totalité de la retenue (fig 43 page 74).
- * Pour le deuxième cas: la structure composée de deux rouleaux reste inchangée (fig 45 page 76).



$t=65s$



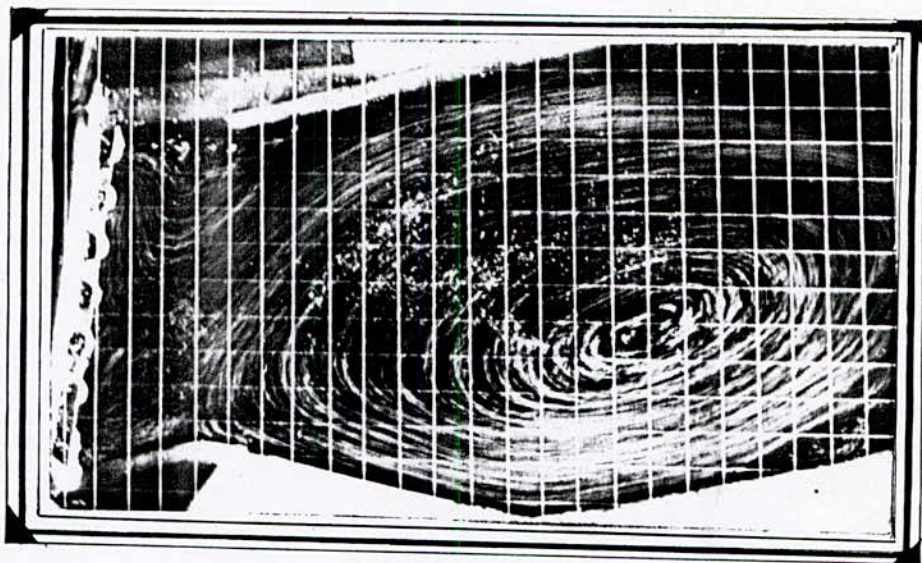
$t=75s$



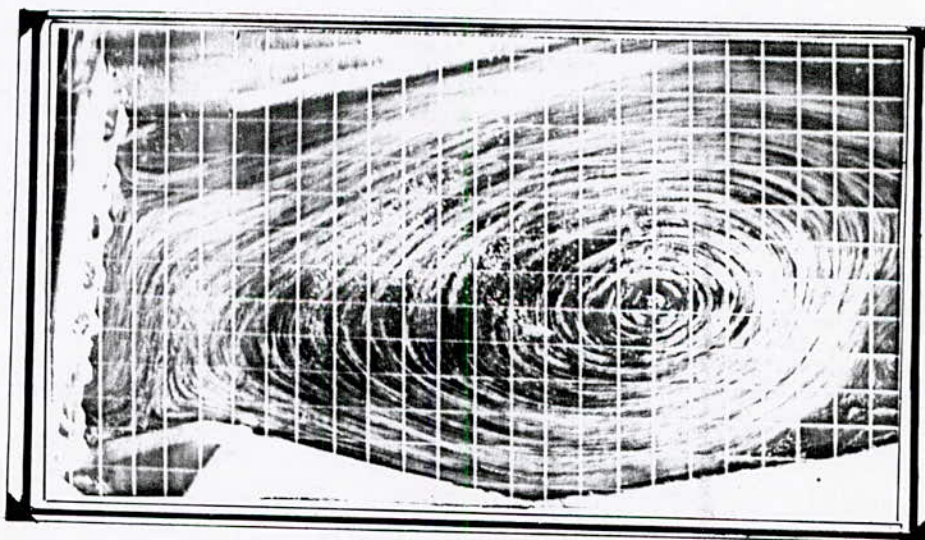
$t=85s$

$Q=4\text{ l/s}$ Vanne 4 ouverte

FIG 41



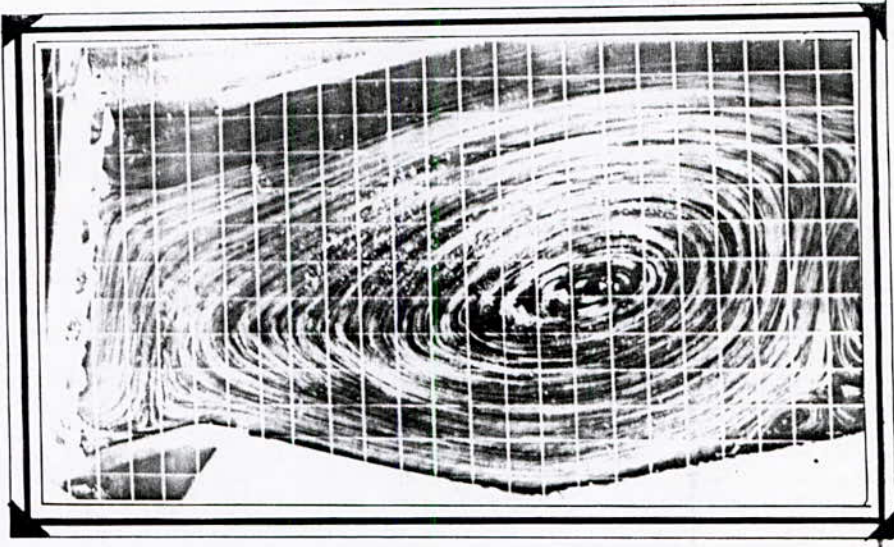
$t = 60s$



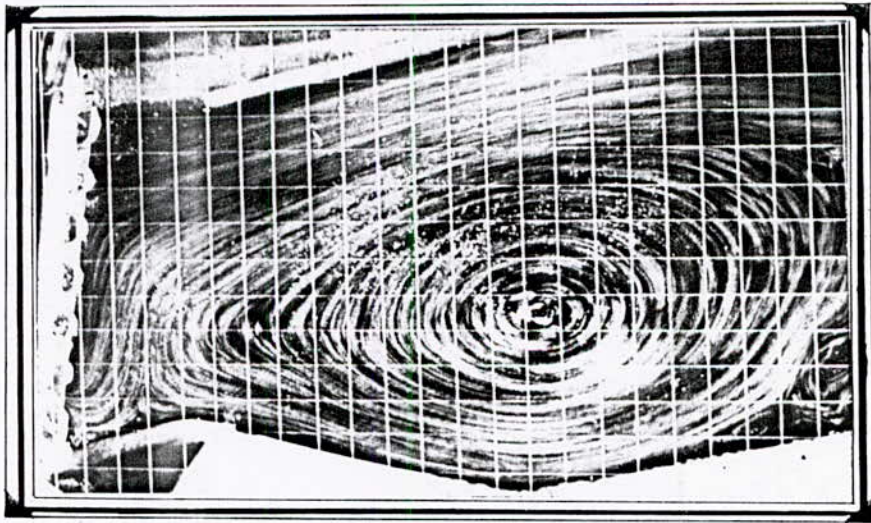
$t = 70s$

$Q = 6,32l/s$, Vannes 1et6 ouvertes

FIG.42



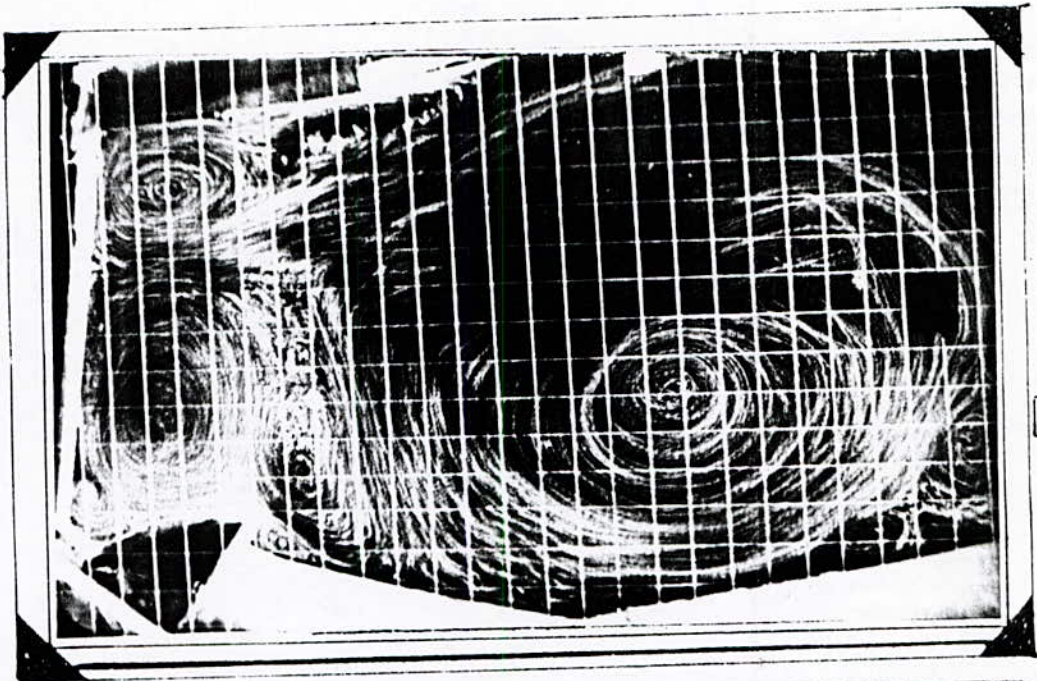
$t = 80 \text{ s}$



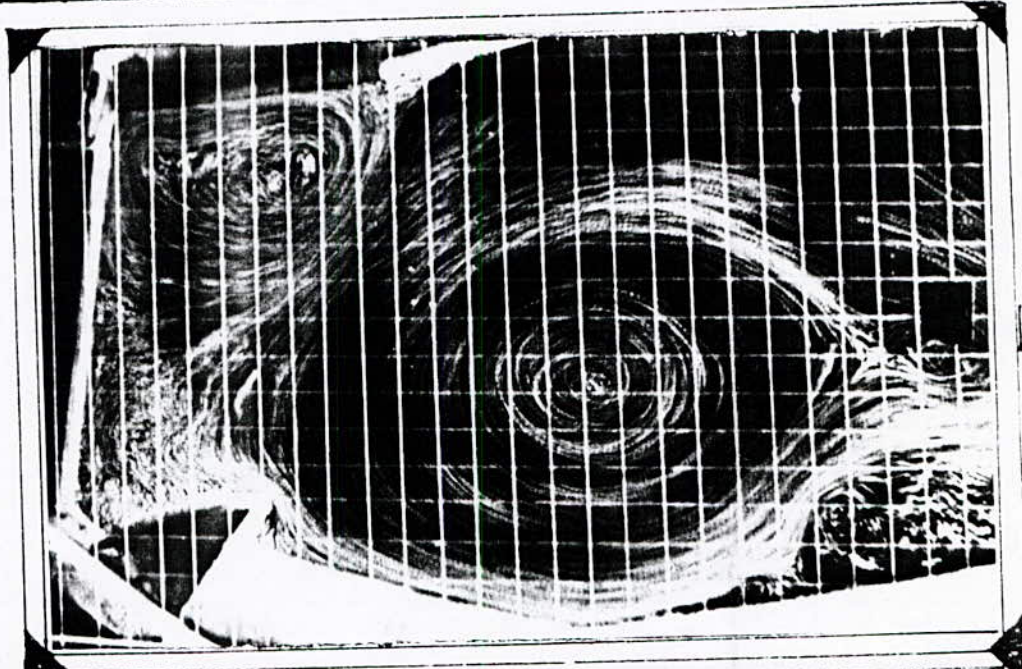
$t = 90 \text{ s}$

$Q = 6,321/s$. Vannes 1 et 6 ouvertes

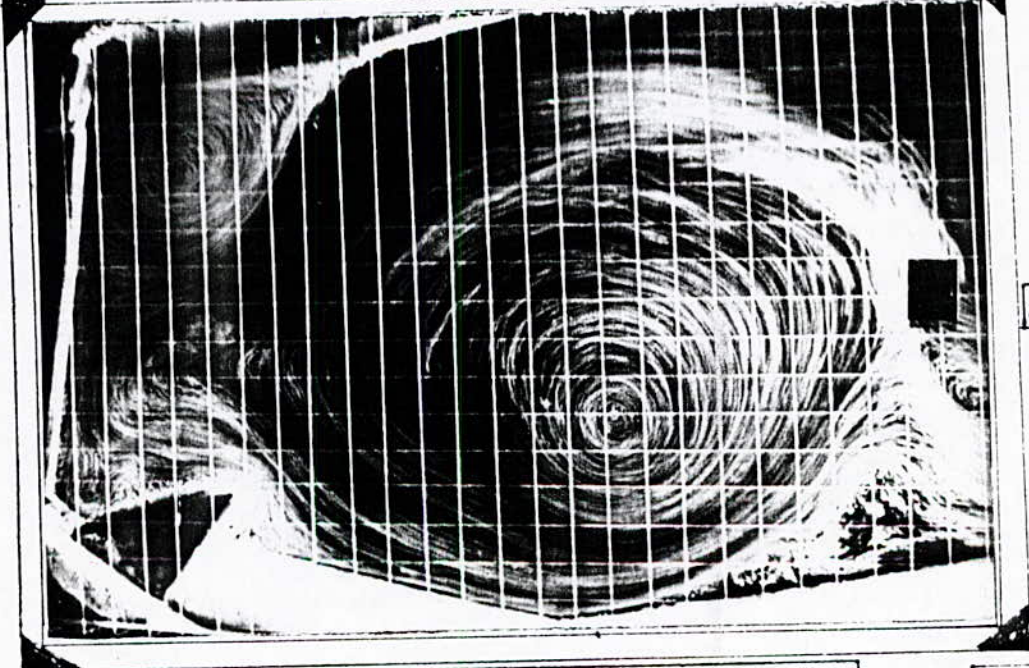
FIG.43



$t=40s$



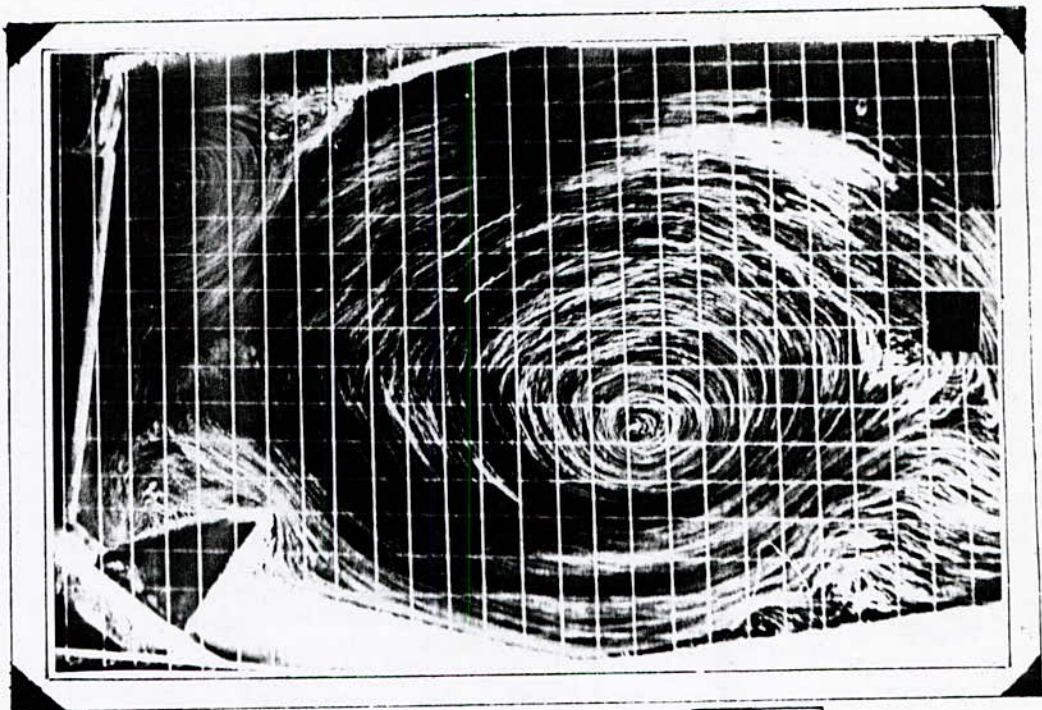
$t=60s$



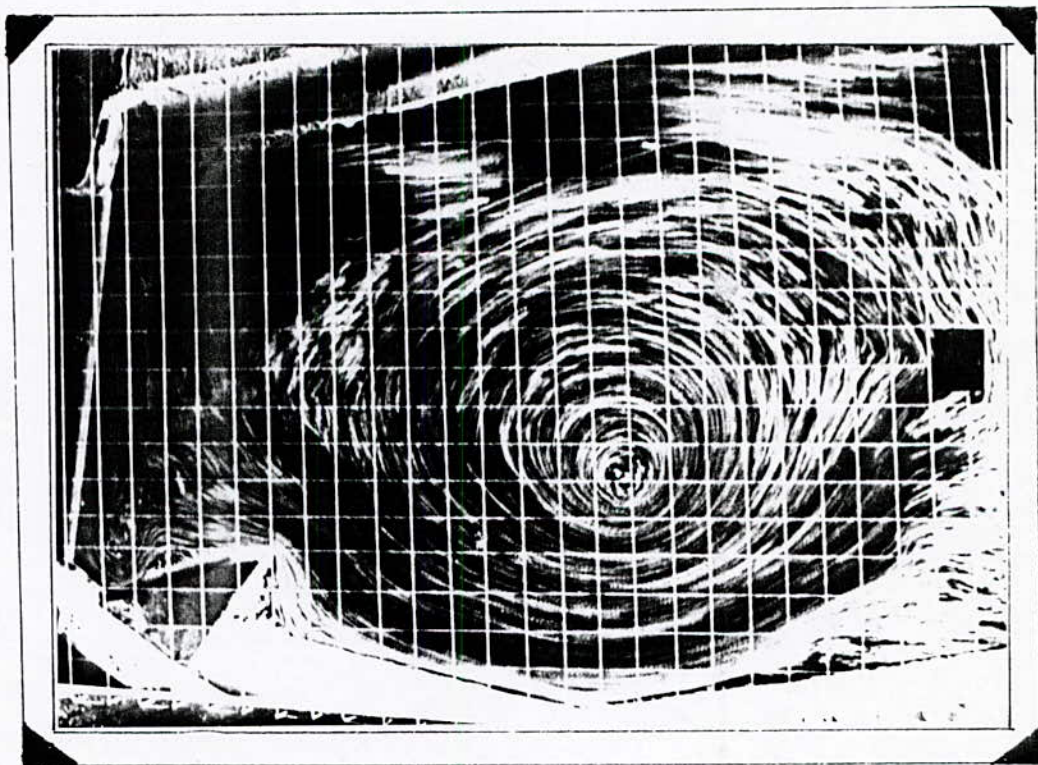
$t=80s$

$Q=20l/s$ Vannes 1 et 6 ouvertes

FIG 44



$t = 90 \text{ s}$



$t = 120 \text{ s}$

$Q = 201 \text{ l/s}$ Vannes 1 et 6 ouvertes

FJC45

CONCLUSION

Le travail qu'on a réalisé concerne les écoulements de recirculation qui apparaissent dans le processus de sédimentation dans la retenue.

L'analyse de cet objectif montre l'intérêt potentiel de l'écoulement stationnaire dû à l'apport de débit de crue et son évolution à une structure stable .

Notre étude expérimentale s'est donc attachée d'abord à analyser l'évolution de cette structure de recirculation pour préciser les zones de dépôt de décantation qui sont à l'origine de la formation du phénomène d'envasement.

L'expérimentation a été effectuée sur le modèle réduit du barrage de BENI-AMRANE réalisé à l'échelle 1 /100 tel que la similitude de REECH - FROUDE soit appliquée, le choix de cet ouvrage est justifié par son double objectif d'accumulation d'eau et de dépôt des sédiments que transporte l'oued ISSER.

La méthode utilisée est essentiellement expérimentale par visualisation chronophotographique.

Cette dernière s'est avérée très intéressante pour étudier le suivi de l'évolution de la structure de l'écoulement.

L'hypothèse de base qu'on a admise, est que la variation de la masse volumique de l'eau turbide où la quantité des matières en suspension, est suffisamment faible pour ne pas

intervenir de façon significative sur l'écoulement obtenu, qui ne dépend donc que du flux de quantité de mouvement des débits d'apport des différentes crues et de l'effet de contre réaction associée au confinement par les parois limitant la cuvette de la retenue.

Nos premiers résultats concernent alors la structure globale de l'écoulement, constituée de deux rouleaux de recirculation. Une telle structure peut présenter des variations locales et limites des positions des rouleaux par rapport à l'axe moyen de la retenue. L'analyse qualitative a mis en évidence particulièrement l'instabilité de la structure obtenue.

Quant à l'étude d'évolution spatio-temporelle de cette structure caractérisée par les trajectoires des centres des rouleaux repérés par leur distance et leur coordonnées, présente un phénomène oscillatoire qui tend à se stabiliser au bout d'un certain temps. Ceci est expliqué par la prépondérance de l'effet de quantité de mouvement sur l'effet de frottement dans le mécanisme de l'évolution de la structure.

Le graphe représentant les nombres adimensionnels caractérisés par les rapports de la différence des coordonnées des centres des rouleaux en fonction du nombre de Froude permet d'avoir un moyen de prédire la configuration de l'écoulement.

Ce résultat intéressant constitue une première étape dans l'étude d'optimisation de la recirculation de l'eau dans la

retenue et de définir l'importance des zones de dépôt et de
décantation .

Il reste maintenant à poursuivre cette étude pour définir
les paramètres qui peuvent avoir une influence sur le
déplacement de ces zones de recirculation, afin de les placer
loin des organes vitaux de l'ouvrage ou dans des endroits
accessibles, équipés d'un système de dragage.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] S.E.S (A.N.R.H) " Problèmes posés par l'envasement des barrages Algériens ".
- [2] A. DEMMAK " Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solide en Algerie septentrionale"
Thèse Docteur Ingénieur (1982)
- [3] DUQUENNOIS " Sédimentation dans les barrages - , réservoir et moyens de lutte."
Colloque international université de liege 4 et 5 Mai (1969)
- [4] P. KELLER
J.P. BOUCHARD E.D.F.bulletin de la direction des études et recherches - série A,
(1987)
- [5] 12^{em} congrés
Mexico 1976 " Problèmes de sédiments dans les retenues."
12^{em} congrés - México (1976) -
question 47 pages 1177 1208.
- [6] RENI ARRUS " L'eau en Algérie OPU - PUG (1985)
- [7] G.MIGNOT Etude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur comportement"
Houille blanche, (1968).
- [8] G.M. BRUNE " Trape efficiency of reservoirs."
transactions of the American Géophysical union, vol 34, n°3,
(1953)page 407 - 418
- [9] ENZO- LIVI " Méthode de calcul pour le tracé des parois des canaux d'amenée en courbe"
l'académie des sciences
T.245 n°1, (1959)
- [10] Ø UGMAH " A.U //OB EYHOR BOGOI KPUBOYUHMHVOI MTOKE" Ubmtuy Ahccq Byn 8 - 9(1949)

- [11] NG XUAN DANG " Calculs hydrauliques des déversoirs des crues".
Hanoi-édition sciences et techniques (1977).
- [12] VU VAN TAO " Hydraulique"
Hanoi - édition enseignement supérieur (1978).
- [13] J. FANTAINÉ " Les réservoirs d'eau potable "
T.S.M. L'eau - Mars (1981)
- [14] C. FONADE " Alimentation par vortex central:
une solution originale aux problèmes de circulation d'eau dans les réservoirs ". T.S.M. L'eau Avril (1983).
- [15] Ministère de l'Hydraulique - " Barrage de BENI AMRANE
Direction générale de la étude des crues et de
planification et des études sédimentation". Rapport
d'aménagement n° E3, (1984)