

BB

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL

CTGREF

centre technique
du génie rural
des eaux et des forêts

**Les Obstacles à la Migration
des Poissons du Rhône
dans le Département du Gard**

NOVEMBRE 1975

Groupement du CTGREF d'ANTONY

N°8 - ETUDE

Division Qualité des Eaux Pêche et Pisciculture

14, Av. de Saint-Mandé - 75012 PARIS -

Avec le Concours Financier
du Ministère de la Qualité de la Vie

30

MINISTERE DE LA QUALITE DE LA VIE

MINISTERE de l'AGRICULTURE

DIRECTION DE LA PROTECTION DE LA NATURE
SERVICE DE LA PECHE ET DE l'HYDROBIOLOGIE

CENTRE TECHNIQUE DU GENIE RURAL
DES EAUX ET DES FORETS
C.T.G.R.E.F.

14 Boulevard du Général Leclerc
92521 - NEUILLY-sur-SEINE

Division Qualité des Eaux,
Pêche & Pisciculture.
14 avenue de Saint-Mandé
75012 PARIS

LES OBSTACLES A LA MIGRATION DES POISSONS DU RHONE

DANS LE DEPARTEMENT DU GARD

NOVEMBRE 1975

Etude effectuée par la Division Qualité des Eaux, Pêche & Pisciculture
C.T.G.R.E.F.

avec le concours de la Région Piscicole de MONTPELLIER.

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
<u>INTRODUCTION</u>	1
- <u>CHAPITRE I - GENERALITES SUR LE COMPORTEMENT MIGRATOIRE DES POISSONS</u>	
1. <u>Espèces sédentaires et espèces migratrices.</u>	3
2. <u>La migration des poissons sous ses diverses formes.</u>	3
1. <u>Déplacements passifs ou dérive (drift).</u>	3
2. <u>Déplacements volontaires orientés.</u>	3
a) Espèces se déplaçant dans un même milieu.	
b) Espèces se déplaçant dans des milieux différents.	
- <u>CHAPITRE II . LES POISSONS MIGRATEURS DU RHONE</u>	
1. <u>Généralités.</u>	5
2. <u>Espèces migratrices rares ou en voie de disparition.</u>	5
2.1. <u>La lamproie marine.</u>	5
2.2. <u>L'esturgeon.</u>	6
3. <u>Espèces migratrices plus abondantes.</u>	8
3.1. <u>L'Alose .</u>	8
3.1.1. La Biologie.	
3.1.2. En reproduction artificielle de l'alose.	
3.1.3. Evolution du stock d'aloses dans le département du Gard.	
3.1.4. Aménagements permettant le franchissement des barrages (exemples d'ouvrages existants).	
a) Passes à ralentisseurs type Denil.	
b) Passes du type Lachadenède.	
3.2. <u>L'Anguille.</u>	13
3.2.1. La Biologie.	
3.2.2. Comportement migratoire.	
a) La migration des civelles.	
b) Migration de l'anguille argentée.	
3.2.3. Importance du stock d'anguilles dans le Rhône.	
3.2.4. Aménagements permettant le franchissement des barrages.	

- CHAPITRE III - LES OBSTACLES A LA REMONTEE DES POISSONS
MIGRATEURS ET LES AMENAGEMENTS PERMETTANT
LEUR FRANCHISSEMENT

1. <u>Le seuil du Gardon.</u>	18
1.1. <u>Caractéristiques du seuil.</u>	18
1.2. <u>Caractéristiques de l'échelle à poissons et</u> <u>synthèse de l'étude sur modèle réduit.</u>	18
1.2.1. Critères de base de l'étude sur modèle.	
a) Vitesses.	
b) Tirants d'eau.	
c) Conditions de niveaux et de débits.	
d) Remarques.	
1.2.2. Conditions hydrauliques dans l'échelle.	
1.3. <u>Conditions de fonctionnement de l'échelle</u> <u>originelle.</u>	20
1.4. <u>Modifications apportées à l'échelle du</u> <u>seuil du Gardon.</u>	22
1.5. <u>Conditions de fonctionnement actuelles.</u>	23
1.6. <u>Distribution des débits et des niveaux amont</u> <u>au seuil du Gardon pendant la période de</u> <u>remontée (15 mars - 30 Juin).</u>	26
1.7. <u>Influence de la cote aval.</u>	26
1.8. <u>Conclusions.</u>	26
2. <u>Le seuil de Beaucaire.</u>	27
2.1. <u>Caractéristiques du seuil.</u>	27
2.2. <u>Caractéristiques de l'échelle à poissons.</u>	28
2.3. <u>Répartition des niveaux amont au seuil de</u> <u>Beaucaire pendant la période de remontée</u> <u>des aloses.</u>	29
2.4. <u>Influence du niveau aval.</u>	30
2.5. <u>Conclusions.</u>	31
3. <u>L'écluse Borland du barrage de Vallabrègues.</u>	32
3.1. <u>Caractéristiques du barrage et de l'écluse</u> <u>Borland.</u>	
3.2. <u>Fonctionnement de l'écluse à poissons.</u>	32
3.2.1. Situation et attrait de l'écluse.	
3.2.2. Fonctionnement.	

4. <u>L'usine et l'écluse de navigation.</u>	34
4.1. <u>Caractéristiques de l'usine et de l'écluse.</u>	34
4.2. <u>Canal de fuite.</u>	34
4.3. <u>Aménagement de l'écluse.</u>	35
- <u>CHAPITRE IV - ETUDE DE LA MIGRATION DES ALOSES DU PRINTEMPS 1975</u>	
1. <u>But de la campagne et de l'enquête piscicole.</u>	36
2. <u>Résultats de l'enquête auprès des pêcheurs aux engins.</u>	36
3. <u>Observations effectuées au seuil de Beaucaire.</u>	37
3.1. <u>But des observations et méthodes utilisées.</u>	37
3.2. <u>Situation de l'échelle dans le seuil.</u>	38
3.3. <u>Dispositif provisoire de réglage du débit et des vitesses dans l'échelle de Beaucaire.</u>	38
3.4. <u>Comportement des aloses dans l'échelle.</u>	39
3.5. <u>Conclusions.</u>	42
4. <u>Contrôle de l'écluse Borland du Barrage de Vallabrègues.</u>	43
5. <u>Pêche à l'écluse de navigation.</u>	44
5.1. <u>Moyens envisagés pour contrôler l'efficacité de l'écluse de navigation.</u>	44
5.2. <u>Résultats des pêches à l'écluse.</u>	45
6. <u>Observations sur l'appartenance systématique des aloses du Rhône.</u>	46
- <u>CONCLUSIONS</u>	50
- <u>BIBLIOGRAPHIE</u>	52

T A B L E A U X

	<u>Page</u>
1. Evolution des captures d'aloses de 1966 à 1974 dans le département du Gard.	11 bis
2. Caractéristiques hydrauliques du seuil et de l'échelle du Gardon.	21
3. Fonctionnement du seuil du Gardon après modification.	24
4. Caractéristiques hydrauliques actuelles du seuil et de l'échelle du Gardon.	25
5. Relation hauteur débit au seuil de Beaucaire.	27
6. Cotes caractéristiques de l'échelle de Beaucaire.	28
7. Caractéristiques hydrauliques de l'échelle de Beaucaire.	29
8. Vitesses moyennes dans le canal de fuite.	34
9. Observations des aloses dans l'échelle du seuil de Beaucaire.	40
10. Vitesses de nage des aloses dans l'échelle du seuil de Beaucaire.	41

F I G U R E S

1. Plan d'ensemble.
 2. Histogramme de fréquence des débits du Gard (1970 à 1973)
 3. Echelle à poissons du seuil de Beaucaire.
 4. Histogramme de fréquence des cotes amont au seuil de Beaucaire.
 5. Histogramme de fréquence des cotes aval HAV en fonction des cotes amont HAM au seuil de Beaucaire pendant les périodes de migration (15 mars - 30 juin) de 1970 à 1973.
 6. Emplacement des pêcheurs aux engins.
 7. Moyenne journalière des captures par carrelet au confluent.
 8. Moyenne journalière des captures par carrelet dans le lot 13 bis (rive droite aval usine).
 9. Moyenne journalière des captures par carrelet dans le lot 13 bis (rive droite - anse).
 10. Relevé des captures.
 11. Seuil de Beaucaire. Dispositif de réglage du débit dans l'échelle.
 12. Observations sur le passage des aloses au seuil de Beaucaire.
 13. Captures au poste fixe de l'écluse de navigation.
 14. Captures au poste fixe de l'écluse en fonction de la position de la porte aval.
 15. Schéma de l'usine-écluse de navigation.
 16. Répartition du sexe des aloses en fonction de la taille.
-

INTRODUCTION

L'équipement du Bas-Rhône, entrepris en 1947, doit se terminer en 1978.

Trois buts sont poursuivis :

- utiliser la puissance hydraulique du fleuve,
- réaliser entre LYON et la mer une voie navigable capable de rivaliser avec les autres moyens de transport,
- développer les utilisations agricoles de l'eau.

A cet effet, douze barrages ont été construits ou sont en cours de construction sur le Rhône à l'aval de LYON.

La retenue créée par chacun de ces ouvrages alimente un canal de dérivation sur lequel sont installées une usine hydro-électrique et une écluse de navigation.

Des contre-canaux ont été établis sur les deux rives pour maintenir le niveau des nappes phréatiques.

Ces travaux, ainsi que l'endiguement, l'élargissement et le dragage de certains secteurs (actuellement sont poursuivis les dragages du palier d'Arles) ont profondément modifié l'aspect du Rhône et ses caractéristiques morphodynamiques.

En outre, l'implantation de nombreuses centrales nucléaires en bordure du fleuve modifiera la température et la qualité de l'eau si elle se réalise.

La structure des peuplements aquatiques dépend directement des facteurs du milieu et évolue avec les variations de ces paramètres.

L'évolution des biocénoses du Rhône vers une nouvelle structure équilibrée se fera lentement, mais nous pouvons déjà faire état de nombreuses modifications dans la répartition des espèces aquatiques à la suite de la transformation de l'ancien fleuve en un canal endigué entrecoupé par une série de chutes.

Ces aménagements ont en particulier des conséquences graves sur la migration des poissons.

Certaines sont difficiles à prévoir. Il semblerait qu'un réchauffement artificiel des eaux provoque une remontée plus précoce des migrateurs : certains auteurs canadiens ont observé une corrélation étroite entre le début de la remontée d' "alosa pseudoharengus" et la température de l'eau.

Par contre plusieurs effets sont déjà observables et malheureusement plus "spectaculaires" : ainsi de nombreux poissons sont aspirés par les installations de pompage prévues pour l'irrigation et par les turbines des usines hydroélectriques. Ce type de nuisance affecte principalement les populations de civelles et d'anguilles de dévalaison.

Autre conséquence évidente des aménagements du Bas-Rhône, chacun des ouvrages constitue un obstacle difficile à franchir par les poissons migrateurs, voire impossible dans le cas de l'alose : aucun des dispositifs de franchissement installés sur ces ouvrages ne s'est avéré être réellement efficace pour le passage des poissons de cette espèce.

C'est pour ce problème précis que la Direction Départementale de l'Agriculture du GARD et la Direction de la Protection de la Nature du Ministère de la Qualité de la Vie ont demandé l'appui technique de la Division Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture du C.T.G.R.E.F. (Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts) en Août 1974.

Notre première démarche a consisté en une étude bibliographique de la biologie des principaux poissons migrateurs du Rhône, de leur comportement migratoire et des exemples d'aménagements qui facilitent le franchissement des obstacles par ces poissons, ainsi qu'une étude hydraulique des ouvrages situés le plus en aval et de leurs dispositifs de franchissement : le seuil de Beaucaire, le seuil du Gardon, le barrage et l'usine-écluse de navigation de Vallabrègues.

Ces premiers travaux ont donné lieu à un rapport préliminaire publié en Février 1975, rapport que nous avons repris ici en le modifiant quelque peu à la suite des observations effectuées au cours de la migration des aloses du printemps suivant.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE COMPORTEMENT MIGRATOIRE DES POISSONS1 - ESPECES SEDENTAIRES ET ESPECES MIGRATRICES

Pour chaque espèce de poissons, on peut définir à l'intérieur de son espace vital 3 zones différentes :

- la zone de reproduction.
- la zone d'alimentation,
- la zone d'abri et de repos.

Lorsque pour une espèce donnée ces zones sont proches, voire confondues, on qualifie cette espèce de "sédentaire". Quand elles sont très éloignées (il arrive qu'elles soient distantes de plusieurs milliers de kilomètres), on parle d'espèce "migratrice".

Une espèce se développera d'autant mieux qu'elle pourra circuler librement entre ces différentes zones, que ses déplacements ne la conduiront pas dans une impasse, et que l'espace où elle évolue, soumis à l'action de composantes biotiques et abiotiques, conservera une configuration favorable à la reproduction, l'alimentation et le repos. (VIBERT et IAGLER 1961).

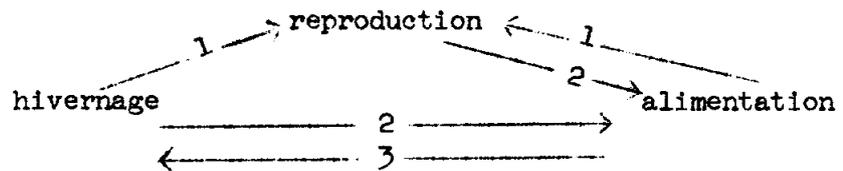
2 - LA MIGRATION DES POISSONS SOUS SES DIVERSES FORMES1. Déplacements passifs ou dérive (drift)

Ce type de déplacement auquel il peut paraître paradoxal d'attribuer un caractère migratoire, se rencontre essentiellement chez quelques espèces ayant des oeufs pélagiques ou des formes larvaires douées d'une faible motilité.

2. Déplacements volontaires orientés.

Ce sont des réponses à divers stimuli résultant de la combinaison de facteurs externes (température, lumière, vitesse du courant) et internes (activité des glandes endocrines).

D'une manière générale, nous pouvons distinguer trois cycles de migrations que NIKOLSKY (1963) a schématisé de la sorte :



migration de reproduction (1), migration d'alimentation (2)
migration d'hivernage (3).

Ce schéma général présente quelques variantes : les migrations d'hivernage sont souvent peu marquées ou absentes, les zones d'alimentation et de grossissement peuvent coïncider avec les zones de reproduction, ce qui conduit à définir un certain nombre de termes pour caractériser les espèces migratrices.

a) Espèces se déplaçant dans un même milieu.

Les poissons qui accomplissent des migrations dans un même milieu, qu'il soit marin ou dulçaquicole, sont dits HOLOBIOTIQUES : le hareng de l'Atlantique Clupea harengus, la morue Gadus morhua, certains Corégones des lacs alpins, le barbeau Barbus barbus....

b) Espèces se déplaçant dans des milieux différents.

Les espèces qui effectuent des migrations qui les conduisent alternativement du milieu marin en milieu dulçaquicole sont dites AMPHIBIOTIQUES : le Saumon de l'Atlantique Salmo salar, l'Alose Alosa alosa, l'Anguille Anguilla anguilla etc Parmi les espèces amphibiologiques, il faut distinguer les espèces POTAMOTOQUES (qui se reproduisent en eau douce) et les espèces THALASSOTOQUES (qui se reproduisent en mer) termes proposés par ROULE (1914) pour pallier à l'ambiguïté des qualificatifs "anadrome" et "catadrome".

CHAPITRE II

LES POISSONS MIGRATEURS DU RHONE1 - GENERALITES

Lorsqu'on recense les espèces migratrices de l'ichtyofaune française, le bassin du Rhône se caractérise par l'absence du saumon Salmo salar, espèce qui n'a jamais été signalée dans le bassin méditerranéen.

Actuellement le Rhône est fréquenté par différentes espèces migratrices amphibiotiques qui, en fonction de leur importance, au sens le plus large, seront partagées en deux groupes, un premier groupe comprenant les espèces rares ou en voie de disparition (Esturgeon, Lamproie) et un deuxième comprenant les espèces plus abondantes, mais dont le maintien et le développement ne pourront être assurés qu'au prix d'aménagements judicieux, et d'une lutte incessante contre les pollutions.

2 - ESPECES MIGRATRICES RARES OU EN VOIE DE DISPARITION

Ce groupe comprend deux espèces principales, la lamproie marine (Petromyzon marinus L.) et l'esturgeon (Acipenser sturio L.)

2.1. La lamproie marine

La lamproie marine est un cyclostome amphibiotique potamo-
toque. Les adultes pénètrent dans les cours d'eau à la fin de l'hiver
ou au début du printemps jusqu'au mois de mai. La migration, qui
semble-t-il s'effectue la nuit, en pleine eau et près du fond, conduit
les reproducteurs sur les frayères où la ponte a lieu en mai juin.

Le processus de leur reproduction commence par la formation
d'un nid en amont duquel se fixe la femelle.

Les oeufs sont fécondés au moment de leur émission par la
laitance du mâle qui est fixé sur la partie supérieure de la tête de
la femelle (Le Danois 1949).

Les reproducteurs ne semblent pas survivre au frai. D'après LEGER (1920), les stades larvaires en eau douce durent de 4 à 5 ans, les larves vivant dans la vase. A la suite de la métamorphose, les jeunes lamproies mesurent de 15 à 20 cm. Elles gagnent la mer à l'automne.

Nous ne possédons actuellement que peu d'information sur l'importance des stocks de lamproies et sur la limite supérieure de leur migration. En 1945, des lamproies remontaient dans la Saône et dans le Rhône en amont de Lyon.

Les seuls relevés de captures que nous possédons se rapportent aux années 1964 et 1965 : dans un tronçon du Rhône compris entre Pont-Saint-Esprit et Sylveréal (Lot F de l'Administration) 58 kg et 52 kg de lamproies ont été respectivement capturées.

2.2. L'esturgeon

L'esturgeon est une espèce amphibiotique potamotoque autrefois très abondante dans de nombreux cours d'eau.

Les esturgeons adultes âgés d'environ 7 à 9 ans pour les mâles et 8 à 14 ans pour les femelles (CARAUSU 1952) se présentent dans les estuaires au printemps.

La ponte a lieu au mois de Juin, dans des zones de graviers. Les géniteurs retournent en mer après la ponte. Les alevins gagnent les estuaires alors qu'ils sont âgés de quelques mois ; ils y séjournent plusieurs années avant de gagner la pleine mer.

L'esturgeon dans le Rhône est une espèce devenue déjà très rare avant l'aménagement du fleuve. Ainsi entre 1870 et 1890, une équipe de pêcheurs capturait à AVIGNON, dans sa saison de pêche, entre 70 et 80 individus pesant de 30 à 250 kg ; à BEAUCAIRE en 1921, un pêcheur professionnel n'a capturé dans son année que 6 individus.

Les causes de la disparition des esturgeons sont multiples :

- Maturité sexuelle intervenant à un âge avancé ce qui aggrave l'impact de la pêche.

- Pollution croissante des estuaires dans lesquels les jeunes esturgeons doivent séjourner plusieurs années.
- Multiplication des barrages qui sont autant d'obstacles à la libre circulation des géniteurs.

Face à une telle situation, il existe à différents niveaux des solutions techniques plus ou moins faciles à mettre en oeuvre.

- Lutte contre la pollution.

L'urbanisation et l'industrialisation croissantes des vallées fluviales aussi bien que des étangs littoraux entraînent de graves atteintes de la qualité des eaux préjudiciables à leur exploitation piscicole (Réduction des stocks, disparition d'espèces, mauvais goût dû à la présence dans les effluents de produits phénolés, hydrocarbures, etc).

Dans le cadre de ce rapport, il n'est pas possible de s'étendre plus sur cette grave menace pour les équilibres biologiques.

- La pisciculture de l'Esturgeon ou acipensericulture.

Il s'agit essentiellement d'une pisciculture de repeuplement qui se pratique depuis le siècle dernier en U.R.S.S., la première fécondation artificielle ayant été réussie en 1868 (HUET 1970). La reproduction se pratique à partir de géniteurs capturés dans le milieu naturel (fleuve ou rivière). Les produits sexuels sont récupérés après sacrifice des géniteurs, étant donné leur taille importante.

L'incubation se fait dans des caisses à parois perforées directement immergées dans le cours d'eau. L'élevage se poursuit jusqu'à l'obtention d'alevins de 4 à 6 semaines.

Si actuellement la technique de reproduction et d'élevage de l'esturgeon sont couramment pratiquées dans certains pays, il ne semble pas que le stock de géniteurs indigènes soit suffisant pour concevoir une telle solution pour l'esturgeon du Rhône.

- Aménagements au niveau des barrages.

Ces types d'aménagements ont surtout été développés en U.R.S.S. et l'on ne possède que peu d'informations. Les travaux de

KIPPER et MILEIKO (1962) décrivent un certain nombre d'ouvrages de types différents. Sur le DON le barrage de Tzimlyansk est équipé d'un ascenseur hydraulique à poissons aménagé dans le corps du barrage. La hauteur du puits est de 36 mètres. Si cet ouvrage permet le passage d'espèces communes telles que la brème, le sandre et le brochet, les résultats pour l'esturgeon sont décevants malgré la présence d'un grand nombre d'individus à l'aval du barrage. Les causes de cette inefficacité sont attribuées soit à des imperfections dans la construction, soit à un mauvais réglage du cycle de fonctionnement.

Sur la rivière TEREK, le barrage de KARGALINSK est équipé d'une passe à bassins successifs. Cette passe ne donne pas non plus satisfaction pour le franchissement du barrage par l'esturgeon. Les causes en sont les suivantes :

- mauvaise situation de l'entrée de la passe, trop en aval
- vitesse du courant dans les bassins trop élevée,
- courant trop turbulent.

Les vitesses limites proposées par les auteurs pour l'esturgeon sont :

- 0,8 à 1,2 m/sec. dans un canal à écoulement uniforme,
- 1,0 à 1,5 m/sec. pour le passage dans un orifice noyé.

3 - ESPECES MIGRATRICES PLUS ABONDANTES

3.1. L'Alose

3.1.1. La Biologie :

Les aloses appartiennent à la famille des Clupéidés, famille qui comprend de nombreuses espèces marines.

La population d'aloses du Rhône est constituée par deux espèces :

Alosa alosa L. (LINNAEUS 1758) : la grande alose

Alosa ficta (DUHAMEL 1772) appelée également *Alosa fallax* (LACEPEDE 1800) : l'alose finte. GEOFFROY en a décrit une sous-espèce dans le bassin du Pô : *Alosa fallax nilotica*, déterminée également en

1924 dans le Rhône par ROULE qui en a fait un genre nouveau :
Paralosa ficta rhodanensis.

Les critères retenus pour caractériser ces espèces seront décrits et discutés dans le chapitre concernant "l'étude de la migration des aloses au cours du printemps 1975".

L'alose, espèce amphibiotique potamotoque, passe la plus grande partie de sa vie en mer, période qui se caractérise par une croissance importante. Lorsqu'elle atteint l'âge adulte, 3 à 6 ans suivant les auteurs, les reproducteurs se présentent dans les zones d'estuaires avant d'entreprendre une migration de reproduction qui les conduira sur les frayères.

Dans le bassin du Rhône les sujets adultes se présentent à l'embouchure pour la plupart entre le 15 Mars et le 1er Avril. Fin Mai est en général la date limite des remontées, à ce niveau.

Le passage du milieu marin au milieu dulçaquicole a été étudié par le Professeur GOURRET : les adultes gagnent les eaux moins salées de l'estuaire, se groupent dans le golfe de Fos et remontent le Rhône en bandes soit directement, soit par la passe de Port-de-Bouc à Arles. Le comportement de l'alose américaine, *Alosa sapidissima*, espèce voisine de l'espèce européenne, a été étudié dans la zone de balancement des marées (LEGGETT 1973). Pendant la période où s'effectue la modification physiologique qui va les amener à remonter les fleuves pour y frayer, les aloses suivent le flux et le reflux en se déplaçant de façon erratique.

Les captures dans le Rhône inférieur ont fait l'objet d'observations très précises par un pêcheur professionnel (RAMEYE et al. 1975) qui exploitait des lots de pêche en aval de la confluence du Gard de 1949 à 1952. A ce niveau les remontées les plus importantes avaient lieu pendant la première quinzaine du mois de mai.

Au niveau de LYON (Barrage de la Mulatière), les remontées les plus importantes avaient lieu entre le 15 Mai et le début du mois de Juin, période pendant laquelle la température de l'eau de la Saône était de 20 à 22°C et celle du Rhône de 17 à 20°C (GALLOIS 1946).

Dans l'Ardèche, des remontées d'aloses étaient signalées au niveau de Vallon, entre le 23 Mai et le 2 Juin, la température de l'eau étant comprise entre 20,5 °C et 23,5°C (HOESTLANDT, 1948).

Plusieurs composantes de l'environnement conditionnent les modalités de cette migration : la photopériode, la température de l'eau, la hauteur d'eau, le débit, la turbidité

Certains auteurs ont noté que la migration s'effectue surtout pendant la journée (RICHKUS 1974), les déplacements nocturnes étant liés à des températures de l'eau anormalement élevées. Par contre LEGGETT et JONES (1968) ont suivi les remontées des aloses dans la Connecticut River et n'ont pas observé de différence entre le jour et la nuit. Au cours de la journée l'intensité des déplacements faiblit nettement au moment où la lumière est la plus forte.

D'après LUND et al. (1970), les aloses ne se présentent dans les fleuves qu'en période de faible intensité lumineuse et hésitent à pénétrer dans une passe les jours les plus ensoleillés. Sur l'Annatucket River, les aloses restent dans les zones ombragées du fleuve et franchissent la passe Denil aménagée dans le barrage d'Hamilton en se maintenant du côté le plus sombre.

La qualité de l'eau joue également un rôle important sur le comportement migratoire des aloses. Ainsi les crues de l'Isère stoppent les remontées, alors que les aloses sont attirées par les eaux du Gardon.

L'alose peut se reproduire à partir d'Avril-Mai, lorsque la température de l'eau atteint 17 à 19°C. La ponte a lieu la nuit et en surface : les mâles et les femelles se rassemblent dans des zones de rapides. Les frayères se situent sur des fonds de sable et de gravier. La ponte est fractionnée : les femelles se rapprochent du bord et se frottent contre le fond pour émettre leurs derniers oeufs. Les oeufs flottent quelques instants avant de tomber sur le fond. L'incubation des oeufs dure de 3 à 8 jours suivant la température de l'eau (80 heures dans l'Ardèche avec une température de 22°C en moyenne - HOESTLANDT, 1948).

Une grande proportion des reproducteurs meurt après le frai. Les survivants redescendent vers la mer au début de l'automne ; étant donné leur maigreur, on les appelle "les sabres".

Les premiers aloseaux peuvent être observés en Juillet. En Septembre-Octobre, période où ils effectuent leur descente vers la mer, leur longueur maximale est environ de 12 cm. La descente est d'autant plus rapide que l'eau est plus froide.

3.1.2. La reproduction artificielle de l'alose.

Elle a été réalisée pour la première fois en France par VINCENT en 1889. Sur le Rhône, les premiers essais, infructueux, ont été tentés par ROULE en 1922 et 1923. Après d'autres échecs, c'est en 1947 que la première reproduction artificielle de l'alose du Rhône a été réalisée avec succès par HOESTLANDT (1948) dans l'Ardèche.

Tous ces essais à caractère expérimental ont été entrepris dans le but de compenser la diminution du stock d'aloses par une pisciculture de repeuplement. Ces essais n'ont jamais donné suite à des réalisations plus importantes, car la capture de géniteurs mûrs est délicate et aléatoire.

3.1.3. Evolution du stock d'aloses dans le département du Gard.

La diminution du stock d'aloses dans le Rhône a été mentionnée dans plusieurs rapports de l'Administration antérieurs à l'aménagement du fleuve. Les données statistiques en notre possession, trop récentes, ne nous permettent pas de bien cerner cette évolution. Elles sont rassemblées dans le tableau 1, qui met en évidence une diminution régulière voire la disparition de certains procédés de pêche (Vire blanchard, Tramail), peut être due à la difficulté de trouver les voies de migration de l'alose à la suite de la canalisation du Rhône.

3.1.4. Aménagements permettant le franchissement des barrages (exemples d'ouvrages existants).

La multiplication des barrages entre les estuaires et les zones de frayères risque de stopper la migration des individus et d'entraîner la disparition de l'espèce. Le comportement de l'alose n'a pas

Année	Virol	Tramail	Carrelet	Ligne	Vire Blanchard	Aloses capturées kg	Meilleur lieu de pêche	Aménagement
1966	0	35	530	1500	8	14360	Rhône, cantonnement n°34, embouchure, Ceze, Durance, Gardon idem	Début travaux de Vallabrègue
1967	2		350	800	9	4040		
1968			320	1000	7	7800	Rhône, embouchure Durance, Gard, Cèze	
1969			416	1000	7	6400	idem	
1970	1		400	2200	-	1320	Beaucaire + petit Rhône.	Vallabrègue-Gardon
1971	2	2	336	2000	-	7880	en aval des ouvrages de Vallabrègue	
1972		1	335	2000	1	8377	Aval Vallabrègue, Aval seuil du Gardon.	
1973		1	327	3000	-	10400	idem	Beaucaire (Automne)
1974		1	300	2800	-	7850	Aval de Vallabrègue	Caderousse en cours

Tableau 1.

Données Direction Départementale de l'Agriculture du GARD.

EVOLUTION DES CAPTURES d'ALLOSES de 1966 à 1974 DANS LE DEPARTEMENT DU GARD

fait l'objet d'études aussi importantes que celui du saumon, aussi les passes construites pour les aloses sont-elles souvent identiques à celles utilisées par les salmonidés.

a) Passé à ralentisseur type Denil.

Sur la rivière Annaquatucket (Rhode Island), un barrage d'environ 3 mètres de haut est équipé d'une passe Denil avec un bassin de repos intermédiaire. Les ralentisseurs en bois sont équidistants de 45 cm. La largeur effective pour le passage du poisson est de 90 centimètres. Une vanne mobile permet de régler le débit à l'intérieur de la passe (SAIIA et al 1972). Nous n'avons malheureusement pas de renseignements plus précis sur la conception de cet ouvrage (Denil a réalisé beaucoup de passes de types différents).

Dans l'état du Maine, les passes Denil à ralentisseurs simplifiés plans (DECKER, 1967) sont couramment utilisés pour la migration des aloses ("alosa pseudoharengus") et autres migrateurs. La largeur de la passe varie de 0,60 à 1,20 mètre, la pente de 1/6 à 1/8, la dénivellation pouvant atteindre 17 mètres. Les vitesses maximales à l'intérieur des passes sont rarement supérieures à 0,90 mètre par seconde. Des bassins de repos sont aménagés dès que la dénivellation excède 2,5 à 3 mètres.

Ce type de passe présente l'avantage de fonctionner pour des variations du niveau amont de 60 à 90 cm.

b) Passé du type Lachadenède.

Une passe à ralentisseurs du type Lachadenède a été construite au barrage de BLOIS sur la rive droite de la Loire. Cette échelle a une largeur de 3 mètres et une pente de 10 %. Elle comprend un bassin de repos ^{intermédiaire}. Les ralentisseurs ont une hauteur de 40 cm et sont construits en tôle.

Malheureusement, la situation de l'échelle ne correspond pas au cheminement préférentiel des aloses qui se présentent en rive gauche. De plus, le niveau du plan d'eau amont varie de 60 centimètres, ce qui rend très aléatoire le bon fonctionnement de l'échelle. Une planche amovible a été placée à l'amont pour régler le débit, ce qui crée des conditions sévères de vitesse à la sortie de l'échelle.

D'après les pêcheurs professionnels, des aloses ont pu quand même franchir le barrage grâce à cette passe, mais il s'agissait surtout de mâles.

3.2. L'Anguille *Anguilla anguilla* Shaw

3.2.1. La Biologie :

L'anguille est une espèce migratrice thalassotoque dont la biologie présente encore de nombreuses inconnues.

Les travaux de J. SCHMIDT (1904 à 1920) ont permis de situer le lieu de reproduction des anguilles dans une zone comprise entre 20° et 30° de latitude Nord et entre 50° et 65° de longitude Ouest, zone qui correspond aux fosses de la mer des Sargasses.

A partir de cette aire de ponte, les larves pélagiques ou leptocephales entraînées par le Gulf Stream sont poussées vers les côtes européennes. La durée de la vie larvaire est de 2 ans 1/2 à 3 ans. Au cours de cette migration les larves subissent des modifications morphologiques et physiologiques et deviennent des civelles. Ces dernières achèvent leur métamorphose au contact de l'eau saumâtre : leur corps se charge de pigments noir et jaune. L'apparition de ce dernier coïncide avec la fin d'un jeûne qui avait commencé au début de la métamorphose.

La période de croissance en eau douce ou en eau saumâtre dure de 8 à 15 ans pour les mâles et 10 à 18 ans pour les femelles.

La maturation sexuelle définitive se caractérise par une nouvelle métamorphose. L'anguille cesse de se nourrir, son appareil digestif dégénère et une pigmentation mi-noire, mi-argentée apparaît à la surface du corps : "l'anguille jaune" se transforme en "anguille argentée". Celle-ci quitte les eaux douces et les eaux saumâtres pour se rendre en mer et rejoindre son lieu de ponte.

La biologie des anguilles argentées du bassin méditerranéen ne semble pas suivre ce schéma général. En effet, il n'a jamais été observé d'anguille argentée franchissant le détroit de Gibraltar.

D'autre part, le fait qu'au cours de plusieurs campagnes océanographiques il n'ait jamais été capturé de leptocéphales inférieures à 50 mm tend à prouver qu'il n'y aurait pas de reproduction d'anguille dans la Méditerranée, ni de retour sur les lieux de ponte de l'Océan Atlantique. (BERTIN, 1942).

3.2.2. Comportement migratoire

Dans le cadre de ce rapport, nous ne nous préoccupons ni du déplacement des anguilles jaunes entre leur zone d'hivernage et d'alimentation, ni de la migration maritime des leptocéphales. Nous nous limiterons à la migration des civelles et des anguilles argentées.

a) La migration des civelles.

La remontée des civelles a été discutée par de nombreux biologistes (ROULE 1929, LE CLERC 1930, DEELDER 1960). Nous retiendrons les principales observations faites sur la Loire par LE CLERC.

- Dans la zone d'influence des marées, les civelles profitent de la marée montante pour progresser vers l'amont en ordre dispersé. Cette montée s'effectue que la nuit pendant le jour, les civelles restent au fond de l'eau. En marée nocturne descendante, les civelles se rassemblent en colonne le long des berges et de quais pour lutter contre le courant.

- En amont de la zone d'influence des marées, les civelles restent toujours groupées. Pendant le jour, tous les individus sont enfouis dans le sable d'où leurs têtes émergent. A la tombée de la nuit, ils remontent en surface et forment un "cordon" qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres de longueur, un mètre de large et cinquante centimètres d'épaisseur. La montée de ce "cordon" s'observe facilement au cours de nuits claires. Dans des conditions météorologiques défavorables, la migration se fait en profondeur.

La lumière est un facteur important qui conditionne le comportement des civelles.

Au début de leur migration, quand les civelles sont encore peu pigmentées, elles craignent la lumière du jour. Par contre, une lumière artificielle les attire pendant la nuit : ce phénomène est

bien connu et mis à profit par les pêcheurs.

Au fur et à mesure qu'elles remontent les cours d'eau et qu'elles se pigmentent, les civelles sont de moins en moins effarouchées par la lumière solaire et il arrive de voir le cordon circuler de jour par temps couvert.

En ce qui concerne la période de remontée des civelles, elle est plus tardive dans le bassin méditerranéen que dans l'Océan Atlantique. Au niveau du confluent du Gardon, les jeunes anguilles - "Boirons" - remontaient en mai-juin (RAMEYE et al. 1975 : observations faites en 1949-1952).

Nous possédons peu de données sur la localisation des cours d'eau du bassin du Rhône colonisés par les civelles devenues anguillettes puis anguilles jaunes. Il semble que la Saône et ses affluents constituaient une zone d'alimentation "de premier choix" pour cette espèce.

b) Migration de l'anguille argentée

Lors de sa maturation sexuelle, l'anguille prend une livrée argentée et se laisse dévaler vers la mer. Le début de l'avalaison a lieu au printemps.

Les facteurs qui conditionnent l'intensité de la migration sont nombreux : le débit, la turbidité de l'eau, les phases de la lune (DEELDER 1970).

Le chemin suivi par les anguilles est principalement déterminé par la vitesse et la direction du courant : les pêcheurs aux engins placent l'ouverture de leur filet dans la partie du cours d'eau où le courant est le plus intense.

La lumière joue un rôle capital dans le comportement de l'anguille au cours de sa dévalaison : PETERSEN, en 1906, après avoir disposé une nasse à l'intérieur du sas d'une écluse, a observé que la présence d'un faisceau lumineux en travers du sas stoppait pratiquement toute migration.

Au cours d'expériences réalisées en laboratoire LOWE (1952) a montré que des anguilles argentées pénétraient plus facilement dans un canal sombre que dans un canal éclairé. Ses études de terrain n'ont cependant pas confirmé cette observation.

3.2.3. Importance du stock d'anguilles dans le Rhône.

Les données sur l'efficacité des pêches sont insuffisantes pour permettre une estimation du stock d'anguilles dans le bassin du Rhône. Nous pouvons seulement mentionner que la pêche des civelles dans le domaine maritime est de plus en plus intense, en vue de fournir les piscicultures de grossissement françaises mais aussi et surtout étrangères (Espagne - Italie - Japon).

Compte tenu des remarques faites sur la biologie de l'anguille de la Méditerranée, il se peut que son exploitation par la pêche ne présente aucun danger pour l'importance des stocks naturels. Cependant une exploitation abusive des civelles entraînerait une raréfaction des anguilles dans les eaux intérieures. Ce phénomène est déjà constaté dans le Rhône et ses affluents, mais la cause en est surtout la présence des barrages qui font obstacle à la remontée des civelles. Pour pallier à cette disparition de l'anguille, des repeuplements à l'aide des civelles ou surtout d'anguillettes sont effectués dans certains départements : Saône-et-Loire, Jura et Doubs (VERNEAUX 1971).

La pêche de l'anguille d'avalaison s'effectue, dans certaines parties profondes du Rhône, avec des dideaux, filets en forme de tronc de cône dont la longueur varie entre 5 et 10 mètres, la maille du filet ainsi que sa section diminuant de l'ouverture vers la queue.

Près de 5000 tonnes d'anguilles par an sont capturées dans la partie française du bassin méditerranéen. La pêche la plus intense s'effectue dans les étangs littoraux ; en effet une partie des civelles, dont l'activité thyroïdienne est plus réduite, ne remonte pas les cours d'eau, mais s'arrête dans les lagunes et les estuaires.

Les données statistiques des captures d'anguilles d'avalaison par les pêcheurs professionnels du Gard font état de 40 à 50 kg de poissons par an en 1960, chiffre qui paraît sous-estimé.

L'anguille argentée est très recherchée, en particulier pour l'exportation.

3.2.4. Aménagements permettant le franchissement des barrages.

Alors que la vitesse de nage maximale des anguilles adultes est de l'ordre de 1,5 m/s, celle des civelles est beaucoup plus réduite - de l'ordre de 0,9 m/s - . Par contre, elles ont la faculté de gravir des pentes fortes si elles prennent appui sur des matériaux adéquats.

En Allemagne, les anguilles parviennent ainsi à remonter dans une passe rustique construite sur le barrage de l'usine de Rheinau. Cette passe consiste en un plan incliné de 45° sur lequel sont disposés de gros rochers.

Sur la Moselle, une conduite oblique est installée dans le corps d'un barrage et les anguilles remontent en rampant sur un long boudin formé par des fagots rattachés par une chaîne et glissés dans la conduite.

L'écluse "Borland" d'ARDNACRUSHA (Irlande) permet aux anguilles de franchir une dénivellation pouvant atteindre 30 mètres.

En Hollande, sur le Leck, le barrage de Hagestein est muni de deux passes à poissons. L'une est une écluse "Borland" classique, l'autre un plan incliné de pente environ 10 %, comportant deux bassins de repos. Le fond de ce plan incliné est garni de branchages. L'efficacité des deux passes n'est malheureusement pas mentionnée par l'auteur qui les décrit.

Les échelles plus récentes sont constituées par une rigole d'environ 30 centimètres de large dans le fond de laquelle sont posées des plaques trouées. Les trous, espaces de 15 millimètres, servent à maintenir des touffes de brins de nylon de 10 centimètres de hauteur entre lesquels se faufilent les jeunes anguilles. Il est nécessaire de prévoir un débit d'attrait supplémentaire au voisinage de l'entrée d'une telle passe.

CHAPITRE III

LES OBSTACLES A LA REMONTEE DES POISSONS MIGRATEURS
ET LES AMENAGEMENTS
PERMETTANT LEUR FRANCHISSEMENT

I - LE SEUIL DU GARDON1.1. Caractéristiques du seuil

L'ouvrage présente une longueur de crête de 339 mètres calée à la cote (7,00) NGF au centre et à la cote (7,20) NGF en ses deux extrémités. Une échancrure arasée originellement à la cote (6,50) NGF et d'une largeur de 20 mètres a été pratiquée dans le seuil. L'échelle à poissons est implantée dans l'axe de l'échancrure, c'est-à-dire dans la partie centrale du seuil. Le parement aval du seuil, de pente 1/5 est constitué d'un perré jointoyé au mortier bitumineux et d'enrochements enrobés de béton.

La relation hauteur-débit pour le seuil a été déterminé en utilisant les formules classiques des déversoirs triangulaires. Le coefficient de débit adopté est identique à celui de l'échancrure, lequel a été calculé d'après les résultats obtenus sur modèle. (Rapport C.N.R. n° 50-00 - Laboratoire d'Hydraulique de GERLAND - 1968).

Le débit total peut se mettre sous la forme :

$$Q_t = Q_p + 1045,3 h_1^{5/2} + 33,2 h_2^{3/2}$$

où Q_p est le débit dans l'échelle à poissons (en m³/s.)
 h_1 la charge (en m) comptée à partir de la cote (7,00)NGF,
 h_2 la charge (en m) comptée à partir de la cote (6,50)NGF
(cote de l'échancrure)

1.2. Caractéristiques de l'échelle à poissons et synthèse de l'étude sur modèle réduit.

L'échelle du Gardon - échelle type Lachadenède - est constituée par un coursier de 12% de pente et de 2 mètres de largeur sur le fond duquel sont disposés, tous les 0,80 mètres, des obstacles en forme de chevron ayant pour but de réduire la vitesse de l'écoulement. Cette

échelle a fait l'objet d'une étude sur modèle réduit au Laboratoire de la C.N.R. de Gerland (Rapport 50-00 du 13 Juillet 1968).

1.2.1. Critères de base de l'étude sur modèle.

a) Vitesses

"Les Services spécialisés du Ministère compétent ont estimé indispensable que les vitesses moyennes d'écoulement tout au long de l'échelle ne soient pas supérieures à 2 m/s quelles que soient les variations de débits et de niveaux dans l'échancrure du seuil du Gard où est implanté l'ouvrage" (Rapport CNR 50-00 page 3).

b) Tirants d'eau

"Ces mêmes services ont estimé qu'il était aussi nécessaire, eu égard aux espèces considérées (aloses principalement), de pouvoir disposer dans tous les cas d'une hauteur d'eau minimale au-dessus des obstacles de l'échelle de 0,20 mètre" (rapport cité, page 4).

c) Conditions de niveaux et de débits

L'échelle à poissons a été conçue pour fonctionner correctement pour les débits du Gard compris entre 3 m³/s (en étiage) et 20 m³/s environ, c'est-à-dire pour des niveaux amont compris entre (+ 6,65) NGF et (+7,10) NGF.

L'échelle du Gardon ayant été construite avant l'aménagement du Palier d'Arles et la construction du seuil de Beaucaire, les essais ont été réalisés pour les cotes aval suivantes :

entre (+2,90) et (+6,65) NGF pour un niveau amont de (+6,65)
entre (+3,50) et (+7,10) NGF pour un niveau amont de (+7,10)

Depuis la construction du Seuil de Beaucaire, la cote aval reste toujours supérieure à (+4,00) NGF.

d) Remarques

Les capacités de nage de l'alose ont été nettement surévaluées, comme nous le verrons dans la dernière partie de ce rapport.

D'autre part, les débits du Gard en période de remontée - donc les cotes correspondantes - ont été manifestement sous-estimés (figure 2). En outre le débit du contre-canal rive droite - de l'ordre

de 5 m³/s - n'a pas été pris en compte.

1.2.2. Conditions hydrauliques dans l'échelle

L'étude sur modèle a mis en évidence dans la partie amont de l'échelle une accélération qui se traduit par une augmentation des vitesses de 16 % à 38 % par rapport aux vitesses observées dans les sections où le régime devient uniforme. Cette accélération créée par les effets d'entonnement et la rupture de pente, a été minimisée en ajoutant des réducteurs de vitesse jusque dans la partie amont horizontale de l'échelle. Deux rangées de ralentisseurs ont été ainsi ajoutées en décalant d'autre part les contractions horizontales et latérales par la suppression des bajoyers sur une partie de l'avancée horizontale de l'échelle.

Pour les faibles cotes amont et afin de faciliter le passage des poissons dans la section critique où le tirant d'eau sur les obstacles reste faible, une dent des ralentisseurs amont a été supprimée en quinconce sur les trois premières rangées ; il aurait été préférable, semble-t-il, de supprimer les obstacles, non en quinconce, mais toujours d'un même côté, la trajectoire du poisson migrateur devant être la moins tortueuse possible.

1.3. Conditions de fonctionnement de l'échelle originelle.

On a porté dans le tableau 2 les débits respectifs passant sur le seuil, dans l'échancrure et dans l'échelle en fonction de la cote amont. Les vitesses maximales et moyennes ainsi que les hauteurs d'eau et les débits observés dans l'échelle ont été tirés de l'étude sur modèle réduit.

Lors de la période de remontée 1971, les débits journaliers moyens du Gard ont tous été supérieurs à 30 m³/s, donc la vitesse moyenne dans la passe a toujours dépassé 2 m/s : l'échelle était infranchissable. Les migrateurs ont eu cependant la possibilité de remonter lors des crues du 4 et 5 Avril (maximum instantané de 880 m³/s à la Station de la Beaume) et du 15 Juin (maximum instantané de 1650 m³/s, et cela d'autant plus facilement qu'à ces crues du Gard correspondait un débit du Rhône supérieur à 2500 m³/s, donc une cote aval supérieure à 7.50 N.G.F. : le seuil se trouvait donc effacé.

Cote Amont (N.G.F.)	Débit total (m ³ /s)	Débit seuil (m ³ /s)	Débit échancrure (m ³ /s)	Débit échelle (m ³ /s)	Hauteur d'eau (échelle) (cm)	Section courante		Section critique	
						Vitesse maximale (m/s)	Vitesse moyenne (m/s)	Vitesse maximale (m/s)	Vitesse moyenne (m/s)
6,60	1,35	0	1,05	0,30	10/15	-	1,20	-	1,50
6,65	2,32	0	1,95	0,37	-	-	-	-	-
6,70	3,42	0	2,97	0,45	15/20	-	1,30	-	1,50
6,75	4,75	0	4,15	0,60	-	-	-	-	-
6,80	6,20	0	5,45	0,75	25/30	1,85	1,36	1,95	1,65
6,85	7,74	0	6,87	0,87	-	-	-	-	-
6,90	9,40	0	8,40	1,00	30/35	1,90	1,54	2,00	1,30
6,95	11,17	0	10,00	1,17	-	-	-	-	-
7,00	13,09	0	11,74	1,35	35/40	2,00	1,80	2,20	2,07
7,05	15,64	0,59	13,55	1,50	-	-	-	-	-
7,10	20,4	3,31	15,44	1,65	40/45	2,25	1,95	2,50	2,20
7,15	28,4	9,12	17,40	1,85	-	-	-	-	-
7,20	40,2	18,72	19,46	2,02	-	-	-	-	-

Tableau 2.

Caractéristiques hydrauliques du seuil et de l'échelle du Cardon.

Par contre, en 1972, sur environ 110 jours que comporte la période de remontée, les débits sont toujours restés supérieurs à 15 m³/s sans qu'il y ait eu de crues du Rhône et d'ouvertures de vannes au barrage suffisantes pour effacer le seuil. Si l'on considère que les aloses ne peuvent remonter dans l'échelle si la vitesse moyenne y est supérieure à 1,50 m/s (voir chapitre IV du rapport) aucune alose n'a franchi le seuil du Gardon en 1972.

1.4. Modifications apportées à l'échelle du seuil du Gardon.

Monsieur BACHELIER, dans un compte-rendu daté du 3 Juillet 1974 ("Réunion du Comité des passes à poissons du Rhône du 17 Avril 1974 - Echelle à poissons du seuil du Gardon") rappelle les premières modifications apportées à l'échelle et leurs justifications :

"Lors de la première visite de ce seuil le 11 Mai 1971, l'échelle à poissons type Denil-Lachadenède aménagée au milieu du seuil semblait avoir été efficace puisque des aloses avaient été capturées à l'amont.

Par contre, il n'en fut plus de même en 1972 et 1973 et une visite sur les lieux le 3 Novembre 1972, alors que le débit du Gardon était assez fort, permit d'estimer que le flux s'engageant dans l'échelle et dans les deux échancrures de 11 mètres de large et de 0,50 mètre de profondeur de part et d'autre de celle-ci, était beaucoup trop violent pour permettre la remontée des aloses.

A la suite de cette visite et bien que les débits du Gard soient inconnus, il fut conseillé, par rapport en date du 6 Décembre 1973 :

- de boucher les échancrures de part et d'autre de l'échelle,
- d'exhausser les premiers réducteurs de vitesse amont afin que la crête du premier soit inférieure de 0,30 m à 0,60 m au-dessous du niveau du bief amont suivant les débits du Gard.

Ces conseils furent suivis par la C.N.R., qui, lors de cette réunion du 17 Avril 1974 remit le plan 57105 (du 6 Février 1973) qui indique que les échancrures latérales de 11 m., comblées sur 0,40 m de hauteur, n'avaient plus que 0,10 m de profondeur et que les trois

premiers réducteurs de vitesse avaient été exhausés de 6,45 à 6,75 (= 0,30 m), de 6,45 à 6,70 (= 0,25 m) et de 6,45 à 6,65 (=0,20m) ".

Sur ce même plan du 6 Février 1973, on note la mise en place d'une protection amont de l'échelle par des rails battus à 7,50 m.

Malgré ces modifications, aucune alose, note ensuite Monsieur BACHELIER, ne remonta au printemps 1973, et il semblait devoir en être de même au printemps 1974.

C'est pourquoi d'autres modifications furent arrêtées en Juillet-Août 1974 :

- modification de la cote des trois premiers réducteurs portés respectivement de 6,75 NGF, 6,70 NGF et 6,65 NGF à la cote 6,70 NGF, 6,60 NGF et 6,50 NGF.
- bajoyers portés de la cote 7,20 NGF à la cote 7,50 NGF.
- un "I.P.N." de 300 mm a été posé sur l'ancien bajoyer (cote 7,20 m) au-dessus du premier ralentisseur.

1.5. Conditions de fonctionnement actuelles.

On doit noter immédiatement que :

- la protection des rails n'est effective que pour les débits inférieurs à 200 m³/s environ, Or les débits dépassent cette valeur plusieurs fois dans l'année; l'entretien et la visite périodique de la passe restent donc nécessaires en période de remontée.
- l'exhaussement du seuil au niveau de l'échancrure conduit à augmenter la cote du plan d'eau amont pour un même débit total, ce qui réduit encore les conditions de bon fonctionnement de l'échelle.

La nouvelle relation hauteur-débit au niveau du seuil est donnée dans le Tableau 3. Il faut noter cependant que les cotes afférentes aux faibles débits sont sous-estimées, en raison de l'encombrement de la crête du seuil par les troncs d'arbres et débris laissés lors des crues.

Cote N.G.F. (m)	Débit m ³ /s	Cote N.G.F. m	Débit m ³ /s
6,90	0	7,40	117,5
6,95	0,37	7,45	156
7,00	1,05	7,50	200,5
7,05	2,50	7,55	252
7,10	6,30	7,60	311
7,15	13,30	7,65	378
7,20	24,20	7,70	453
7,25	39,60	7,75	536
7,30	60,0	7,80	627
7,35	86	7,85	728

Tableau 3 . Fonctionnement du Seuil du Gardon
après modification.

- L'exhaussement des premiers réducteurs supprime le bénéfice, mis en évidence par l'étude sur modèle réduit, de la plate-forme amont horizontale en introduisant une pente de 12,5 % dès les trois premiers réducteurs de vitesse, tout en conservant cependant l'amélioration créée par le décalage entre les contractions latérales et horizontales.

Les valeurs des vitesses dans l'échelle doivent donc se situer entre celles observées sur le modèle initial A (sans avancée horizontale) et celles observées sur le modèle final B (décalage des contractions latérales et horizontales, avancée horizontale pourvue de deux rangées de réducteurs de vitesse) (Se reporter à l'étude sur modèle citée plus haut).

Les caractéristiques de fonctionnement ont été portées dans le Tableau 4.

La comparaison des tableaux 1 et 4 montre que les diverses modifications adoptées n'ont entraîné aucune amélioration des conditions de fonctionnement.

Cote Amont (N.G.F.)	Débit total (m ³ /s)	Débit seuil (m ³ /s)	Débit échancrure (m ³ /s)	Débit échelle (m ³ /s)	Hauteur d'eau (échelle) cm	Section courante		Section critique	
						Vitesse maximale (m/s)	Vitesse moyenne (m/s)	Vitesse maximale (m/s)	Vitesse moyenne (m/s)
6,85	0,30	0	0	0,30	10/15	-	1,20	-	1,50
6,90	0,35	0	0	0,35*	15/20*	-	1,05*	-	1,45*
6,95	0,42	0	0,37	0,45	15/20	-	1,30	-	1,50
7,00	1,60	0	1,05	0,55*	20/25*	-	1,25*	-	1,50*
7,05	3,4	0,59	1,93	0,75	25/30	1,85	1,36	1,95	1,65
7,10	7,2	3,31	2,97	0,90*	25/35*	1,90*	1,50*	2,15*	2,00*
7,15	14,3	9,12	4,15	1,00	30/35	1,90	1,54	2,00	1,80
7,20	25,5	18,72	5,45	1,20*	30/40*	2,00*	1,75*	2,35*	2,20*
7,25	41	32,7	6,87	1,35	35/40	2,00	1,80	2,20	2,07
7,30	62	51,6	8,40	1,55*	35/45*	2,15*	1,95*	2,70*	2,40*

Tableau 4. Caractéristiques actuelles du seuil et de l'échelle du Cardor.

Nota : Les valeurs des vitesses et hauteurs d'eau avec astérisque, sont relatives au modèle initial A, les autres au modèle final B (Rapport CNR 50-00 - Juillet 1968).

1.6. Distribution des débits et des niveaux amont au seuil du Gard pendant la période de remontée
(15 mars - 30 juin)

L'histogramme de fréquence des débits du Gard a été porté sur la figure 2 pour la période 1970-1973. Les débits adoptés sont ceux enregistrés à la Station de la Beaume dont le bassin versant est de 1579 km² sur les 2100 km² que comporte le Gard à sa confluence avec le Rhône. Il convient d'ajouter au débit du Gard celui du contre-canal rive droite, qui est de l'ordre de 5m³/s.

1.7. Influence de la cote aval.

A la suite de l'aménagement du palier d'Arles, la présence du seuil de Beaucaire permet de limiter les abaissements des niveaux dans le Rhône court-circuité pour les débits faibles et moyens, tout en gardant un abaissement de 1 mètre environ des niveaux en période de crue par rapport à la situation antérieure. Il faut que les débits dans le Rhône court-circuité dépassent 600 m³/s pour que le seuil du Gardon soit pratiquement effacé et que le poisson migrateur puisse franchir cet obstacle sans être obligé d'emprunter l'échelle.

1.8. Conclusions.

Les diverses modifications apportées à l'échelle du Gardon n'ont pas amélioré ses conditions de fonctionnement.

Compte tenu des observations faites sur la vitesse de nage des aloses au cours de la remontée du printemps 1975 (Chapitre IV), cette échelle est impraticable à tout moment. Les aloses ne peuvent actuellement franchir le seuil du Gardon que lorsque le débit du Rhône court-circuité est supérieur à 600 m³/s.

II LE SEUIL de BEUCAIRE

2.1. Caractéristiques du seuil.

L'ouvrage présente une longueur de crête de 180 mètres calée à la cote (+4,00) NGF. Le seuil est constitué d'une rangée de palplanches à l'amont, d'une partie horizontale de 8 mètres de largeur et d'un talus de pente 1/5 en enrochements libres de 1500 à 2200 kg (Référence plan CNR 55567).

Le débit transitant par le seuil - donc le niveau amont - dépend :

- du débit du Gard,
- du débit du contre-canal rive droite
- du débit de fuite des digues
- du débit passant au barrage de Vallabrègues lors de l'ouverture des vannes ou des volets.

Le niveau à l'aval du seuil dépend évidemment du débit turbiné ainsi que du débit passant par le seuil.

La relation hauteur-débit est donnée dans le tableau 5. Les cotes sont celles relevées juste à l'amont du seuil. Pour les faibles charges, le seuil se comporte - à cause de la rangée de palplanches - comme un déversoir en mince paroi alors qu'il évolue vers un seuil épais pour les charges plus importantes. Les chiffres du tableau 5 sont basés sur les résultats obtenus sur modèle réduit pour les fortes charges et sur les formules de déversoir à paroi mince pour les charges plus faibles.

Cote NGF	Débit m ³ /s
4,05	3,8
4,10	11
4,15	20
4,20	31
4,25	44
4,30	58
4,40	92
4,50	132
5,00	300
5,50	550
6,00	860
6,50	1200
7,00	1600

Tableau 5 Relation hauteur débit au seuil de Beaucaire.

2.2. Caractéristiques de l'échelle à poissons.

L'échelle est implantée en rive droite et s'inspire du dispositif adopté pour le seuil du Gard et dont la mise au point avait été effectuée sur modèle au Laboratoire d'Hydraulique de Gerland. Toutefois certaines modifications ont été apportées :

- la largeur du coursier, de 2 mètres au seuil du Gard, a été portée à 2.5 mètres.

- la partie amont de la passe fonctionne en orifice noyé à partir d'une certaine cote (4,15 NGF environ).

Cependant les modifications apportées au projet initial de l'échelle du Gardon et visant à réduire la sévérité des conditions d'entonnement en décalant contractions latérales et horizontales de la veine liquide n'ont pas été adoptées pour l'échelle de Beaucaire.

Il faut noter d'autre part que l'échancrure de 8 mètres de largeur dans le seuil prévue sur les plans de la C.N.R. (plan 55638) à la cote (+ 3,80) NGF et située de part et d'autre de l'échelle n'a pas été aménagée, les palplanches ayant été uniformément enfoncées à la cote (+4,00) NGF sur toute la longueur du seuil.

Un nivellement sommaire effectué pendant la campagne d'Avril-Mai 1975 a mis en évidence certaines différences entre les cotes réelles et celles prévues et portées sur les plans de la C.N.R. (plan 55638) afférents à l'échelle à poissons (voir figure 3 et tableau 6).

	Cotes (NGF) dans l'échelle de Beaucaire	
	selon plan n°55638	D'après le nivellement effectué le 22 Mai 1975
Première palplanche du Seuil (rive droite)	3,80	4,00
Palplanches (dans l'échelle)	3,35	3,65
1er Déversoir en tôle de l'échelle	3,60	3,55
2e Déversoir en tôle de l'échelle	3,60	3,60 (Rive gauche) 3,65 (Rive droite)
1er Défecteur en béton	3,58	3,58

Tableau 6 - Cotes caractéristiques de l'échelle de Beaucaire.

Les mesures de vitesse effectuées dans l'échelle en Octobre 1974 et en Mai 1975, ainsi que les résultats de l'étude sur modèle effectuée au Laboratoire de Gerland ont permis d'estimer les vitesses moyennes dans la passe en fonction de la cote amont et du débit (tableau 7)

Cote NGF	Débit total (m ³ /s)	Débit dans l'échelle (m ³ /s)	Profondeur dans l'échelle (cm)	Vitesse moyenne (m/s)
4,00	0,95	0,95	25/30	1,35
4,05	5			
4,10	12	1,25	30/35	1,55
4,15	21,5			
4,20	33	1,70	35/40	1,80
4,25	46			
4,30	60	2,05	40/45	1,95

Tableau 7.
Caractéristiques hydrauliques de l'échelle de Beaucaire.

Compte tenu des observations faites en 1975 (Chapitre IV) - les aloses n'empruntent la passe que lorsque la vitesse y est inférieure à 1,50 m/s - la limite extrême de fonctionnement se situerait à la cote 4,10 NGF, correspondant à un débit de 12 m³/s environ.

Pour des niveaux amont plus élevés, le fonctionnement en orifice noyé crée un ressaut à l'intérieur de la passe et ne semble donc pas favoriser la remontée des migrateurs.

2.3. Répartition des niveaux amont au seuil de Beaucaire pendant la période de remontée des aloses.

On a reporté sur la figure 4 l'histogramme de la distribution des cotes à l'amont du Seuil de Beaucaire observées pendant la période de remontée 1974. Les niveaux sont ceux enregistrés au limnigraphe situé au PK 267-7 et extrapolés au PK 268-4 à l'aide des courbes hauteur-débit portées sur les plans 55694 et 55710 (les niveaux ne diffèrent d'ailleurs pratiquement pas pour des cotes inférieures à 4,50 mètres).

Sur les 108 jours que comporte la période de remontée (15 Mars - 30 Juin), l'échelle n'a pu fonctionner que 27 jours (jours où la cote est restée inférieure ou égale à 4,10 NGF), soit 25 % du temps.

Si l'on transforme en cote les débits journaliers du Gardon observés à la Station de la Beaume (en y ajoutant arbitrairement 5 m³/s, ordre de grandeur du débit du contre-canal rive droite) pour les périodes de remontée 1970, 1971, 1972 et 1973 en utilisant la courbe hauteur débit au PK 268.4, on obtient un second histogramme que l'on a reporté sur le même graphique. L'échelle n'aurait alors fonctionné que 33 jours sur 432 soit environ 8 % du temps. Si l'échelle fonctionnait jusqu'à la cote 4,50 NGF, cela représenterait plus de 80% du temps de la période de remontée ainsi calculée.

2.4. Influence du niveau aval

Le niveau aval peut influencer le fonctionnement de la passe et les conditions de déversement sur le seuil. Il a paru intéressant d'étudier la double distribution de fréquence des niveaux amont et aval. Pour ce faire, on a utilisé :

- pour les niveaux amont : les mêmes données que dans le paragraphe précédent, c'est-à-dire soit les enregistrements des niveaux au PK 267,7 soit la transformation en niveau de la somme (débit du Gard + débit contre-canal + débit du Rhône non turbiné).
- pour les niveaux aval : la transformation du débit total en cote après aménagement du palier d'Arles, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables.

Les résultats sont portés sur la figure 5.

Pour les cotes amont inférieures à (+4,50) NGF, il est peu probable que les migrateurs puissent passer par le seuil car la profondeur d'eau sur les enrochements est trop faible et la rangée de palanques constitue encore un obstacle infranchissable pour l'aloise qui ne peut effectuer des bonds, comme le saumon par exemple. Or pour les années 1970 à 1973, l'occurrence cote amont inférieure à (+4,50) et cote aval inférieure à (+3,50) NGF s'est produite 64 % du temps. On voit donc

./.

la nécessité de rendre la passe franchissable pour des cotes atteignant (+4,50) NGF.

2.5. Conclusion

L'échelle de Beaucaire présente des conditions de fonctionnement sensiblement voisines de celles du Gard, c'est-à-dire qu'elle est impraticable pour des débits supérieurs à 10 m³/s. Il conviendrait d'étendre son fonctionnement pour des cotes amont variant de (+4,00)NGF à (+4,50) NGF et des débits correspondants de 1 à 130 m³/s.

III - L'ECLUSE BORLAND DU BARRAGE DE VALLABREGUES

3.1. Caractéristiques du barrage et de l'écluse Borland.

Le barrage mobile (Figure 1), d'une largeur totale de 204 mètres est constitué de 7 piles de 4 mètres et 8 passes de 22 mètres équipées de vannes-segments à volet de 14,6 mètres de hauteur. Le niveau maximal de retenue est de (+16,00) NGF.

L'écluse à poissons est placée dans la culée rive gauche du barrage. Son entrée (de 1 m² de section) est située à la cote (+1,90)NGF à une vingtaine de mètres à l'aval du pied des vannes. La sortie de l'écluse - à la cote (+13,40) NGF - fonctionne en orifice noyé.

3.2. Fonctionnement de l'écluse à poissons

L'écluse Borland contrôlée pendant la période de migration de 1971 au moyen d'une nasse, s'est révélée totalement inefficace. Deux raisons pouvaient expliquer cet échec : la situation de l'écluse et son fonctionnement.

3.2.1. Situation et attrait de l'écluse

La présence d'aloses au pied de l'écluse "Borland" est avant tout conditionnée par l'attraction du Rhône court-circuité, dont les débits restent très faibles par rapport aux débits du canal de fuite de l'usine, et par le franchissement du seuil de Beaucaire. Enfin, en supposant cet obstacle franchi, il est plus probable que les aloses soient attirées par le Gard et il y a peu de chances qu'elles parviennent au pied du barrage sauf lors de l'ouverture des vannes ou des volets au barrage, lorsque les débits du Rhône deviennent supérieurs à 2000-2500 m³/s

En effet le débit d'attrait de l'écluse ne peut dépasser 2 m³/s lorsque la vanne amont de 0,40 X 0,80 m est entièrement ouverte. Dans les conditions actuelles de fonctionnement (vanne amont ouverte de 13 crans) le débit reste inférieur à 1,5 m³/s. Cependant les conditions hydrauliques à l'intérieur de la chambre aval sont déjà critiques - (turbulences très importantes) - alors que, d'un autre côté, le débit d'attrait est sans doute insuffisant pour se faire sentir loin en aval du barrage.

3.2.2. Fonctionnement

a. La période de remplissage, qui débute lors de la fermeture de la vanne aval. (l'ouverture de la vanne amont restant la même) est trop brutale et rapide. Dans l'écluse Borland du barrage d'Ardnacrusha en Irlande, munie elle aussi d'une cheminée verticale, le remplissage se fait non par le haut, en ouvrant la vanne amont, mais par le bas, grâce à un diffuseur prolongeant une conduite issue de la retenue amont. Ce n'est qu'en fin de remplissage que l'on procède à l'ouverture de la vanne amont. On réduit ainsi de façon acceptable les turbulences lors du remplissage.

b. Lors de la phase de remontée, le poisson risque de rester piégé dans l'une des deux cheminées verticales, principalement la cheminée située à l'entrée : la lumière qui pénètre par cet orifice peut attirer le poisson qui suit alors la surface libre.

c. A la fin du cycle, l'ouverture brutale de la vanne crée une trop grande turbulence et des vitesses exagérées à la sortie. Il serait préférable, comme c'est le cas généralement dans les écluses de type Borland d'Ecosse, de laisser l'écluse se vider progressivement par la fuite sous la vanne aval ou un by-pass entre le moment de la fermeture de la vanne amont et celui de l'ouverture de la vanne aval.

IV - L'USINE ET L'ECLUSE DE NAVIGATION

4.1. Caractéristiques de l'usine et de l'écluse

L'usine, d'une longueur de 110 mètres, est équipée de 6 groupes bulbes à axes horizontaux pouvant absorber chacun un débit maximal de 415 m³/s. Un déchargeur comportant 2 pertuis pouvant évacuer sous la cote maximale de 16 mètres 300 m³/s ainsi qu'une écluse de navigation ont été installés en rive droite. Les dimensions du sas de l'écluse sont de 195 m sur 12 m. le tirant d'eau minimal étant de 3,5 m. L'écluse est munie à l'aval d'une porte busquée et d'une porte coulissante, à l'amont d'une porte busquée et d'une porte baissante.

4.2. Canal de fuite

Le canal de fuite a une section trapézoïdale, les berges ayant une pente de 1/3. Le plafond, calé à la cote (-6,00) NGF a une largeur de 110 mètres - la largeur de l'usine elle-même -, ce qui donne, pour le débit semi-permanent de 1500 m³/s environ, une profondeur de 8,7 mètres et une largeur au miroir de 162 mètres.

Les vitesses moyennes dans le canal de fuite ont été évaluées en fonction du débit du Rhône, à l'aide des enregistrements des limni-graphes situés à la restitution et en aval de l'usine ainsi que des plans CNR n°55770 et 55696. Les résultats ont été portés sur le tableau 8. On s'est placé dans l'hypothèse où le débit turbiné maximal est de 2500 m³/s.

Débit du Rhône (m ³ /s)	Cote surface libre (NGF)	Section mouillée (m ²)	Vitesse moyenne (m/s)
600	1,00	917	0,65
1000	1,75	1033	0,96
1500	2,70	1184	1,27
2000	3,40	1300	1,54
2500	4,10	1417	1,76
3000	4,65	1512	1,65
3500	5,20	1608	1,56
4000	5,70	1698	1,48

Tableau 8 - Vitesses moyennes dans le canal de fuite.

La vitesse moyenne atteint 1 m/s dès que le débit dépasse 1000 m³/s. Le canal de fuite étant relativement long (4000 m) et les vitesses élevées, il est vraisemblable que les migrateurs ont tendance à longer les rives afin de se maintenir dans les zones où les vitesses sont les plus faibles. Le canal de fuite s'élargissant côté rive droite à l'aval immédiat de l'usine, les migrateurs ont la possibilité de se disperser dans la zone plus calme située au voisinage de l'écluse et du déchargeur.

4.3. Aménagement de l'écluse

A mi-longueur du sas - au niveau du bloc d'alimentation - une prise d'eau permet de transiter depuis le bief amont un débit de l'ordre de 5 m³/s dans les distributeurs au fond du sas lorsque celui-ci est vide créant un courant d'appel dans le sas seulement ou dans le sas et dans l'aqueduc de vidange simultanément. (En effet une vanne de l'aqueduc de vidange a la possibilité de rester ouverte lorsque l'écluse est vide).

Lorsque la porte aval est fermée, deux orifices de 0,60 mètre de diamètre situés à la cote (-1,50) NGF laissent passer un courant d'attrait à la sortie de l'écluse.

De plus, un orifice de 2 m x 1 m a été ouvert dans le mur divisoir à la cote (-0,50) NGF, pour permettre au poisson de passer du canal de fuite au garage aval - ou inversement - Ce conduit débouche à 16,00 m en aval de la trompe de sortie de la chasse de vidange de l'écluse.

CHAPITRE IV

ETUDE DE LA MIGRATION DES ALOSES DU PRINTEMPS 1975I - BUT DE LA CAMPAGNE ET DE L'ENQUETE PISCICOLE

Les connaissances actuelles sur la biologie de l'alose étant, comme nous l'avons vu au chapitre II, très limitées il était indispensable d'effectuer dès la migration du printemps 1975 le plus d'observations possible. Il a été fait appel à la collaboration des pêcheurs aux engins, qui ont bien voulu indiquer, pendant la période de remontée, l'emplacement de leurs engins de pêche ainsi que le nombre et la date de leurs captures. D'un autre côté une campagne d'une durée d'un mois a été entreprise afin de tester les différents ouvrages de franchissement et de répondre à plusieurs questions concernant, par exemple, la vitesse de nage de l'alose, sa capacité à remonter un couloir étroit ou passer dans un orifice noyé, ainsi que son comportement dans un éclairage artificiel.

Seront abordés dans ce chapitre successivement les résultats de l'enquête piscicole, les observations effectuées au seuil de Beaucaire, à l'échelle Borland et à l'écluse de navigation. On évoquera enfin les problèmes liés à la détermination des aloses du point de vue systématique.

2 - RESULTATS DE L'ENQUETE AUPRES DES PECHEURS AUX ENGINS

Une quarantaine d'engins de pêche (carrelets fixes ou montés sur bateau) était en fonctionnement lors de la période de remontée. Leur emplacement a été porté sur la figure 6. Ils étaient répartis de la manière suivante :

- 3 Carrelets situés à l'amont de l'usine (rive gauche) au niveau du village de Vallabrègues.
- 15 carrelets situés dans le canal de fuite (5 rive gauche et 10 rive droite).
- 5 carrelets au point de restitution des eaux du canal de fuite.
- 5 carrelets situés entre le seuil de Beaucaire et le point de restitution.
- 12 carrelets situés entre le seuil de Beaucaire et le barrage (8 rive gauche et 4 rive droite).
- 1 carrelet situé à l'aval immédiat du seuil du Gardon.

Les résultats les plus complets qui nous sont parvenus concernent les engins situés en rive droite du canal de fuite ainsi qu'au point de restitution. Ils font état de la capture de 3000 aloses dans cette zone du 1er avril au 15 juin. Les trois carrelets établis en amont de l'usine n'ont pu capturer qu'une seule alose, le 15 mai, alose ayant donc franchi l'écluse de navigation.

On a porté sur les figures 7, 8 et 9 les moyennes des captures dans les principaux lots de pêche. Ces résultats ont été rassemblés sur la figure 10, où l'on a porté également les débits du Rhône et les températures prises à l'écluse de navigation.

Les courbes établies à l'aide des relevés des captures (Fig. 10) montrent l'existence de trois pics de remontée. Le premier se situe entre le 16 et le 21 avril. C'est une remontée de mâles principalement. La température, en hausse rapide est alors voisine de 10 - 11°C. Le second pic, beaucoup plus important en durée et en intensité, se situe au cours de la période du 5 au 30 Mai, principalement autour du 10 et du 20 Mai. Les températures atteignant déjà 14°C fin avril, subissent une baisse (11°C le 8 Mai) puis augmentent rapidement et dépassent 17°C dès le 22 Mai. Le troisième pic, important numériquement, est bref. Il pourrait s'agir de géniteurs ayant séjourné à l'embouchure par suite de l'abaissement des températures (jusqu'à 13°C le 3 juin) et ayant attendu le retour de conditions plus favorables (les températures dépassent de nouveau 17°C à partir du 10 juin).

Il est difficile de mettre en évidence l'influence du débit du Rhône sur les captures. On peut dire cependant que la plupart des captures se sont effectuées pour des débits du Rhône relativement modérés (de l'ordre de 1500 m³/s).

3 - OBSERVATIONS EFFECTUEES AU SEUIL DE BEUCAIRE

3.1. But des observations et méthodes utilisées

A la suite de l'étude bibliographique préliminaire qui avait mis en évidence la méconnaissance des capacités de nage de l'aloise et de son comportement dans une passe à ralentisseurs, il a paru primordial

d'effectuer le maximum d'observations au seuil de Beaucaire. Celui-ci se prêtait en effet beaucoup mieux aux expérimentations que l'échelle du Gardon et l'étude hydraulique a montré que leurs conditions de fonctionnement sont pratiquement similaires. Cependant, pour ne pas rester entièrement tributaire de la faible marge de fonctionnement de l'échelle ainsi que des conditions hydrologiques, un dispositif provisoire de réglage du débit de l'échelle - donc des hauteurs d'eau et des vitesses dans la passe - a été aménagé à la sortie de celle-ci. La facilité d'observation des aloses dans la passe ainsi que la possibilité de leur capture avec des épuisettes à la sortie de l'échelle ont rendu superflus le filet barrage et le carrelet installés à l'amont de la passe.

3.2. Situation de l'échelle dans le seuil

La crête du seuil étant horizontale - l'échancrure prévue de part et d'autre de l'échelle n'a pas été aménagée - le débit de la passe ne constitue pas un attrait suffisant pour attirer les migrateurs qui cherchent alors à remonter par le seuil lui-même et se font piéger dans les enrochements : de nombreuses aloses mortes ont été retrouvées durant la campagne sur toute la largeur du seuil.

La partie du seuil adjacente à l'échelle dont une grande partie des enrochements de surface formant la partie horizontale a été emportée, semble être aussi attractive pour les poissons que l'échelle elle-même. Une solution à ce problème consisterait à enrober les enrochements dans du béton ou à constituer un perré jointoyé au mortier bitumineux afin que les aloses ne puissent pas se faire piéger dans les enrochements et à aménager une échancrure afin de concentrer le débit en rive droite.

D'autre part, lorsque le niveau aval est inférieur à (1,80)NGF, des enrochements situés dans le couloir interdisent l'entrée de la passe aux poissons migrateurs. Ceci constitue un réel obstacle à la remontée lorsque les débits du Rhône deviennent relativement faibles.

3.3. Dispositif provisoire de réglage du débit et des vitesses dans l'échelle de Beaucaire

Les résultats de l'étude sur modèle réduit, ont incité à effectuer le réglage du débit en jouant sur la largeur de la section d'entrée plutôt que sur la hauteur de la section de contrôle de l'échelle.

Le dispositif adopté (voir figure 11) est un châssis de profilés UPN (80 X 100 X 6) soudés et boulonnés, rendu solidaire des parois latérales et de la plateforme en béton située à la sortie de la passe. Des sacs de sable ont été immergés autour de la structure pour diminuer les infiltrations d'eau entre celle-ci et les enrochements sous-jacents. Le réglage du débit s'effectue à l'aide de madriers posés verticalement dans la rainure aménagée dans la face amont de la structure.

Deux échelles limnimétriques ont été mises en place à l'amont et à l'aval du seuil afin de pouvoir repérer facilement les niveaux et déterminer les débits lors des observations.

3.4. Comportement des aloses dans l'échelle

La faiblesse du débit du Gardon pendant le mois de Mai a favorisé les observations dans l'échelle du seuil de Beaucaire. En effet la cote amont s'est maintenue entre 4,05 et 4,14 NGF, avec quelques pointes de courte durée ayant atteint 4,60 NGF lors de programmes d'essais des vannes et des volets du barrage effectués par la Compagnie Nationale du Rhône. Le dispositif provisoire monté à la sortie de l'échelle a permis en modifiant les conditions d'entonnement de faire varier les hauteurs d'eau et les vitesses dans l'échelle. Vitesses et hauteurs d'eau ont été systématiquement mesurées en des points fixes de l'échelle afin de mettre en évidence l'influence de la réduction de la section d'entrée sur les régimes d'écoulement. Les niveaux amont, aval, ainsi que la température et les périodes d'observations ont été portés sur la figure 12.

Aucune remontée d'alose n'a été observée pour des vitesses moyennes dans l'échelle supérieures à 1,50 m/s. Pour des vitesses voisines ^{de} 1,50 m/s, une vingtaine d'aloses ont pu remonter l'échelle vraisemblablement des aloses mâles de grande taille. En maintenant des vitesses dans la passe inférieures à 1,30 m/s, on a pu observer plus de 100 tentatives de remontée, dont 53 % seulement ont été couronnées de succès. Les autres ont rebroussé chemin ou se sont laissé dévaler soit juste à l'entrée, soit au cours de la remontée.

Le tableau 9 résume les observations effectuées.

Dates des Observations	9/5	10/5	12/5	13/5	14/5	15/5	16/5	20/5	21/5	22/5	Total
Nombre d'aloses ayant franchi l'échelle	20	21	2	1	20	2	7	8	1	0	82
Nombre d'aloses n'ayant pu franchir l'échelle	13	13	-	4	7	3	10	8	2	1	61
Nombre d'aloses s'étant engagées dans l'échelle et se laissant dévaler											
- dès l'entrée	6	4	-	1	1	-	2	1	-	-	15
- dans le coursier	5	6	-	2	2	1	5	5	2	1	29
- dans la section critique (région de vitesses maximales)	1	1	-	-	3	1	1	1	-	-	8
- à la sortie	1	2	-	1	1	1	2	1	-	-	9

Tableau 9- Observation des aloses dans l'échelle du seuil de Beaucaire.

Les temps mis pour franchir l'échelle par les aloses dont la remontée a pu être chronométrée, ont varié entre 12 et 29 secondes.

La distance de remontée - fonction du niveau aval - et la vitesse moyenne de l'eau dans l'échelle étant connues avec suffisamment de précision, on a pu évaluer les vitesses absolues de nage des aloses dans l'échelle. Les résultats ont été portés dans le tableau 8.

Le passage des aloses se fait de façon irrégulière. Il n'est pas rare, en effet, d'en voir remonter plusieurs à la fois, alors que l'on peut attendre plusieurs heures sans en observer une seule.

Temps de remontée (sec.)	Distances (mètres)	Vitesse de remontée dans l'échelle (m/s)	Vitesse absolue de nage de l'aloise dans l'échelle (m/s)
29	10	0,34	1,50
25	14	0,56	1,70
22	14	0,64	1,80
23	14	0,61	1,80
19	14	0,74	1,90
24	18	0,75	1,90
17	14,6	0,86	1,95
20	14	0,70	1,95
18	14	0,78	2,00
17	14	0,82	2,00
19	17	0,89	2,05
15	14	0,93	2,10
16	15,5	0,97	2,10
14	14	1	2,15
13	14	1,08	2,30
12	14,6	1,22	2,30
12	14	1,17	2,30

Tableau 10.

Vitesses de nage des aloses dans l'échelle du seuil de Beaucaire.

En règle générale, les aloses de petite taille ainsi que les femelles ont beaucoup plus de difficulté à remonter la passe que les mâles de grande taille. D'autre part, il est clairement apparu que l'alose éprouve beaucoup de difficultés à fournir un effort violent d'une durée supérieure à 30 secondes. La faiblesse des vitesses de nage des aloses dans l'échelle - comprises entre 1,50 et 2,30 m/s - peut s'expliquer par les grandes turbulences provoquant un entraînement d'air important au sein de l'écoulement et réduisant en conséquence les capacités de nage du poisson. L'entraînement d'air devient beaucoup moins important à mesure que le tirant d'eau s'élève dans l'échelle ; malheureusement, les vitesses augmentent parallèlement.

La valeur des vitesses de nage observées met en évidence la surestimation de leur capacité de nage lors de la construction des ouvrages de franchissement au seuil du Gard et de Beaucaire. On comprend la prudence des auteurs américains (DECKER - 1967) qui conseillent de ne pas dépasser la vitesse de 1,2 m/s dans les passes à ralentisseurs, de prévoir des bassins de repos dès que la dénivellation dépasse 2,5 mètres, tout en conservant un tirant d'eau minimal de 60 cm environ dans l'échelle.

En conservant le type d'échelle adopté pour le seuil du Gard et de Beaucaire, l'adoption des critères précédents entraînerait la réduction considérable de la pente des coursiers (environ 6 ‰), donc des échelles beaucoup plus longues.

3.5. Conclusions

Si l'on se propose d'améliorer les conditions de franchissement du seuil de Beaucaire, il est nécessaire à la fois :

- de rendre la passe beaucoup plus attractive qu'elle ne l'est actuellement (échancrure dans le seuil).
- de résoudre le problème du piégeage des aloses dans les enrochements.
- de modifier le type de passe afin d'obtenir des vitesses moyennes inférieures à 1,20 m/s pour des cotes amont comprises entre (+4,00) et (+4,50) NGF.

4 - CONTROLE DE L'ECLUSE BORLAND DU BARRAGE DE VALLABREGUES

L'écluse, comme il a été vu plus haut, avait déjà été contrôlée au moyen d'une nasse placée à sa sortie. Il était cependant difficile de se prononcer sur les raisons de l'absence de poissons dans la nasse : on pouvait l'attribuer soit à la mauvaise situation de l'entrée de l'écluse et à son manque d'attrait pour le migrateur, soit aux conditions hydrauliques à l'intérieur de l'écluse, soit même à la méfiance de l'alose à l'égard de la nasse.

C'est pourquoi un carrelet de 5 mètres sur 2,5 mètres (mailles de 40 mm, puis de 27 mm) a été installé lors de la période de migration dans la chambre aval de l'écluse. L'automatisme du fonctionnement de l'écluse a été interrompu et la vanne aval est restée constamment ouverte. Le carrelet a été relevé plusieurs fois par jour. De nombreuses aloses ayant été observées dans l'échelle du seuil de Beaucaire et ce dernier ayant été effacé lors de la crue du 17 au 25 avril, la présence d'aloses en aval du barrage ou du seuil du Gardon était certaine (ceci a d'ailleurs été confirmé par les prises effectuées par les pêcheurs en aval du seuil du Gardon et dans le Rhône court-circuité). De plus, plusieurs aloses pêchées à l'écluse de navigation ont été remises à l'eau au voisinage de l'entrée de l'écluse Borland.

Cependant une seule alose (*Alosa alosa*) a été capturée dans la chambre aval le 30 avril ; cette alose aurait sans doute franchi le seuil lors de la crue des jours précédents.

Par contre, l'utilisation du carrelet a mis en évidence la présence de nombreux autres poissons - en majorité des barbeaux et des chevesnes - dans les remous de la chambre aval.

En conclusion, on peut dire que si l'écluse Borland est inefficace, c'est avant tout parce qu'elle n'est pas attractive pour le migrateur. Il ne semble donc pas utile de chercher à améliorer ses conditions de fonctionnement tant que le problème de l'attraction ne sera pas résolu. D'autre part, on peut se demander s'il paraît bien utile de chercher à faire remonter l'alose en amont du barrage de Vallabregues alors que la zone comprise entre ce barrage, le seuil de Beaucaire et le seuil du Gardon doit constituer une zone de frayère acceptable.

5 - PECHE A L'ECLUSE DE NAVIGATION

5.1. Moyens envisagés pour contrôler l'efficacité de l'écluse de navigation

L'écluse de navigation est l'ouvrage dont l'efficacité est la plus délicate à mettre en évidence.

En effet, il n'est guère possible de placer un carrelet fixe au-dessus du sas de l'écluse ou à la sortie à cause du passage des bateaux. Les seuls moyens de tester l'efficacité de l'écluse sont les suivants :

- Contrôle des engins de pêche situés en amont de l'usine. L'écluse Borland du barrage ne fonctionnant pas, il est certain que les aloses situées en amont de l'aménagement de Vallabrègues sont passées par l'écluse de navigation. Les engins de pêche en amont de l'usine, au nombre de trois, (voir figure 6) sont situés au niveau du village de Vallabrègues. Une alose a été capturée (le 15 Mai) ainsi qu'une soixantaine de muges.

- Pêche dans l'écluse à l'électricité ou à l'aide d'un carrelet monté sur un bateau.

Une pêche de ce type a été effectuée le 14 Mai de 5 heures à 6 heures trente, la porte aval de l'écluse étant restée ouverte toute la nuit. Deux muges, une truite fario et un barbeau ont été capturés.

L'après-midi du même jour, à la suite de l'éclusage d'un bateau qui se dirigeait vers l'amont, l'écluse a été vidée et une pêche a pu être effectuée pendant un quart d'heure environ dans le sas. Une alose a été capturée.

- Marquage de l'alose au moyen de marques ultrasoniques à l'aval de l'écluse.

Ne sachant pas au début de la campagne s'il était possible de marquer facilement l'alose, il a paru préférable de commencer par essayer des marques plus classiques et de réserver le marquage ultrasonique pour une campagne ultérieure.

- Installation d'un poste de pêche fixe sur le mur divisor à l'aval immédiat de l'écluse.

Ce poste de pêche a été installé dans le but de tester la présence de migrateurs au pied de l'écluse et d'essayer de mettre en évidence l'influence de l'ouverture et de la fermeture des portes sur leur comportement.

5.2. Résultats des pêches à l'écluse.

Le résultat des pêches effectuées au poste fixe a été porté sur les figures 13 et 14. Sur le premier graphique, figurent la durée de la pêche, le nombre de prises par heure (aloses et muges) ainsi que la température à l'écluse et le débit du Rhône. Sur le second graphique, on a dissocié les prises effectuées porte aval de l'écluse fermée et porte aval ouverte. Si la différence est minime pour les muges (respectivement 4 prises/heure et 3,3 prises/heure, il n'en est pas de même pour les aloses (respectivement 6,2 prises/heure et 2 prises /heure). L'alose cherche le courant et les remous : le carrelet est situé dans la zone de turbulence créée par les deux chatières lorsque la porte aval est fermée. De même, nous avons pu constater en effectuant des pêches en bateau le long du mur divisoir en aval du sas de l'écluse que les aloses étaient surtout présentes à l'extrémité aval de ce mur, endroit où arrive le courant d'eau créé par les turbines de l'usine.

Il est intéressant de noter que, durant la campagne, les prises d'aloses et de muges ont été du même ordre de grandeur (219 aloses et 200 muges). Les chiffres fournis par deux pêcheurs situés en aval de l'usine, rive droite, ont confirmé ce fait : 217 aloses contre 200 muges environ pour le premier, 69 aloses contre 51 muges pour le second.

Si l'on considère les prises des carrelets installés en amont de l'usine, on observe une nette prédominance de muges (1 alose pour une soixantaine de muges). Cela tiendrait à prouver qu'un petit nombre seulement d'aloses parviennent à remonter au-delà de l'usine écluse de Vallabrègues, mais il est possible également qu'une fois cet obstacle franchi, les aloses remontent au milieu du courant - beaucoup moins fort qu'à l'aval - et non sur les bords où sont installés les carrelets.

D'autre part, si nous comparons les captures effectuées sur la rive droite du lot 13 bis par les pêcheurs installés les uns à l'aval immédiat de la zone de réserve voisine de l'usine, les autres dans l'anse située plus en aval, nous pouvons noter que

- la moyenne journalière des captures dans l'anse est :
 - au mois d'avril de 1 alose par carrelet
 - au mois de mai de 5,2 aloses par carrelet
 - au mois de juin de 3,8 aloses par carrelet
- la moyenne journalière des captures à l'aval immédiat de la réserve est :
 - au mois d'avril de 1,3 alose par carrelet
 - au mois de mai de 14,6 aloses par carrelet
 - au mois de juin de 14,4 aloses par carrelet.

Le rapport entre les moyennes des prises à l'aval de la réserve et dans l'anse est significativement croissant du mois d'avril au mois de juin.

Ceci tend à prouver que bon nombre d'aloses restent bloquées à l'aval de l'usine sans parvenir à franchir cet obstacle par l'écluse de navigation.

6 - OBSERVATIONS SUR L'APPARTENANCE SYSTEMATIQUE DES ALOSES DU RHONE

Pour différencier les espèces (et sous-espèces) d'aloses, les systématiciens ont retenu comme paramètre biométrique le nombre de branchiospines sur le bord antérieur du premier arc branchial :

Alosa alosa		Alosa ficta (alosa fallax)		Alosa ficta rhodanensis	Auteurs
plus de 50 branchiospines		moins de 50 branchiospines			MOREAU 1881
de 90 à 130	"	de 35 à 45	"		DUNCKER 1960
plus de 60	"	moins de 60	"		MAITLAND 1972
plus de 90	"	plus de 40	"	moins de 40 bran- chiospines	SPILLMANN 1961

La différence entre les critères retenus par ces auteurs montre déjà la difficulté sinon l'ambiguïté de la classification des aloses.

De plus, selon les travaux de HASS en 1965, le nombre de branchiospines de l'aloise feinte du bassin de l'Elbe varie avec l'âge du poisson :

Groupe d'âge	Nombre de branchiospines
0	24 à 32
I	33 à 39
II	35 à 41
III	36 à 43
IV	37 à 43
V	37 à 44
VI	38 à 44
VII	37 à 44

(d'après HASS 1965)

Le nombre de branchiospines étant sensiblement constant à partir de la troisième année, les mesures effectuées sur les aloses matures peuvent être décrites telles quelles, sans faire de correction à partir de l'âge des poissons.

Les observations que nous avons pu faire sur 30 aloses capturées au mois de mai donnent la répartition suivante :

Nombre de branchiospines	nombre d'individus
32	1
33	1
34	2
35	1
36	4
37	2
38	7
39	4
40	1
41	1
44	1
46	1
51	1
59	1
98	1
101	1

Si l'on retenait les critères de classification définis par SPILLMANN (1961), nous aurions dans notre échantillon :

76 % d'*Alosa ficta rhodanensis* (*Alosa fallax nilotica*)

17 % d'*Alosa ficta* (*Alosa fallax*)

7 % d'*Alosa alosa*.

Il semblerait cependant que la différenciation entre *Alosa ficta* et sa sous-espèce *Alosa ficta rhodanensis* ne soit pas très nette, ou tout du moins que le critère retenu ne soit pas significatif : le nombre de branchiospines varie de façon relativement continue entre 32 et 59, le nombre 38 étant le plus fréquent.

Par contre, l'observation des branchiospines permet de différencier nettement la grande alose (*Alosa alosa*) de l'alse feinte (*Alosa ficta*).

Il apparaît donc que la grande alose est bien présente dans le Rhône, fait déjà signalé en 1945 par LEGER qui estimait à 20 % le pourcentage du nombre d'individus de cette espèce par rapport à la population totale d'aloses.

Il nous est difficile de chiffrer actuellement ce pourcentage d'après les captures des pêcheurs, car ceux-ci se rapportent parfois à la taille des poissons pour distinguer les grandes aloses des aloses feintes.

Or si effectivement parmi nos captures les grandes aloses sont plus longues que les aloses feintes (il s'agissait de deux femelles de longueur totale 62 cm et 64 cm), les femelles de cette dernière espèce peuvent atteindre des longueurs comparables à celles des grandes aloses.

Nous avons porté sur la figure 16 la répartition du sexe des aloses feintes en fonction de leur taille.

La longueur moyenne totale des mâles est de 449 ± 8 mm (intervalle de confiance à 95 %). Celle des femelles est de 526 ± 8 mm (intervalle de confiance à 95 %).

./.

La taille maximale des femelles de notre échantillon étant de 565 mm, il est nécessaire de compter les branchiospines sur le bord antérieur du premier arc branchial pour les différencier des grandes aloses.

CONCLUSIONS

Les observations que nous avons pu effectuer au cours de la remontée des aloses du printemps 1975, ainsi que les relevés des captures que nous ont fourni les pêcheurs, ont apporté des renseignements très précieux sur le fonctionnement des passes et le comportement des aloses dans leur tentative de franchissement des divers obstacles édifiés sur le Rhône.

Il apparaît d'ores et déjà, comme nous l'avions écrit dans le rapport préliminaire de février 1975, que les différents dispositifs installés pour permettre aux aloses de remonter au-delà de ces obstacles sont peu efficaces.

Il serait cependant essentiel, pour proposer des aménagements judicieux, de disposer d'éléments complémentaires précis, en particulier concernant la reproduction des aloses.

Selon les pêcheurs professionnels, il semblerait que l'alose ne pourrait frayer - ou tout du moins que la réussite du frai soit très réduite - dans le canal de fuite à l'aval de l'usine-écluse. Par contre, la partie du Rhône court-circuitée, située entre le seuil de Beaucaire et le barrage de Vallabrègues, constituerait une excellente zone de frayères. De même le Gardon est une rivière où de nombreuses aloses allaient frayer avant l'aménagement du Rhône.

Il semblerait donc judicieux de faire porter les efforts en priorité sur l'échelle de Beaucaire, pour ouvrir une zone de reproduction importante aux aloses qui s'y présentent, d'aménager de la même façon le seuil du Gardon - à condition que les extractions de graviers effectuées dans ce cours d'eau soient limitées de façon à ne pas nuire à la reproduction des aloses - et de s'efforcer d'améliorer l'efficacité de l'écluse de navigation pour le passage des migrateurs les problèmes se trouvant alors reportés plus en amont.

Quant à l'écluse "Borland" du barrage de Vallabrègues, il ne nous paraît pas essentiel dans la période critique actuelle où le stock d'aloses diminue d'année en année d'améliorer son fonctionnement.

Cela ne pourrait en effet se faire qu'en créant un débit d'attrait important au voisinage de l'entrée de la chambre aval et en modifiant notablement le fonctionnement et la disposition des diverses parties de cette écluse.

De plus, l'aval du barrage constituant, selon les pêcheurs une zone de frayères acceptable, il ne semble pas opportun dans l'immédiat de s'intéresser à cet ouvrage, les problèmes posés par les autres obstacles situés plus en amont et interdisant l'accès aux zones de frayères intéressantes n'étant pas encore résolus.

En ce qui concerne le seuil de Beaucaire, il est nécessaire pour améliorer ses conditions de franchissement :

- d'éviter le piégeage des aloses dans les enrochements en aménageant le parement aval du seuil,

- d'aménager une échancrure de part et d'autre de l'échelle comme il était prévu sur le plan 55638 de la C.N.R. pour augmenter le débit d'attrait au voisinage de l'entrée de la passe.

- de modifier le type même de l'échelle de façon à ce que la vitesse dans la passe soit inférieure à 1,20 m/s pour des cotes amont comprises entre (+ 4,00) et (+ 4,50) NGF. Les passes Denil utilisées dans l'Etat du Maine pourraient sans doute satisfaire ces conditions.

Une échelle du même type installée sur le seuil du Gardon et calée à la cote amont minimum (+ 7,05) NGF aurait été efficace pendant toute la période de remontée des aloses au cours des années 1970 à 1973, le niveau de l'eau à l'amont du seuil n'ayant pas dû dépasser (+ 7,50) NGF.

Enfin, il nous paraît très important, en ce qui concerne l'écluse de navigation de Vallabrègues, d'augmenter notablement le débit qui passe dans le garage aval, de façon à créer un courant d'appel suffisant pour attirer dans cette zone les aloses qui remontent le long de la rive droite du canal d'amenée, que la porte aval de l'écluse soit ouverte ou fermée.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTIN L., 1942. Les anguilles. Payot Édit., 218 p.
- CARASU S., 1952. Tratat de Ichtiologie. Editura Academici Republicii populare Romane.
- CLAY C.H., 1961. Design of fishways and other fish facilities. Ottawa, The Department of Fisheries Canada, 294 p.
- DEELDER C.L., 1960. Ergebnisse der holländischen Untersuchungen über den Glasaalzug. Arch. Fisch. Wiss., 11 (1): 1-10.
- DEELDER C.L., 1970. Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus) 1758. F.A.O. Fisheries Synopsis n° 80.
- DOMINY L.C., 1973. Effect of entrance pool weir and fish density on passage of alewives (*Alosa pseudoharengus*) in a pool and weir fishway. Trans. Amer. Fish. Soc., 2 398-404.
- GALLOIS C., 1946. L'alose du Rhône. Bull. fr. Pisc., 141 : 162-176, 142 : 5-14, 144 : 130-136.
- GERKING S.D., 1959. The restricted movements of fish populations Biol. Rev., 34 : 221-242.
- * HOESTLANDT H., 1948. Fécondation artificielle et incubation de l'alose du Rhône : *Paralosa rhodanensis* Roule. Ann. Stat. Cent. Hydrot. Appl., 2 : 223-228.
- HUEF M., 1970. Traité de pisciculture. Bruxelles, Ch. de Wyngaert, 718 p.
- KIPPER Z.M., and IV.MILEIKO, 1962. Fishways in hydro developments of the USSR. Transl. from russian. 57 p.
- LE CLERC J., 1950. L'anguille dans le bassin de la Loire. Bull. fr. Pisc., 19 : 145-152, 20 : 177-182.
- LE DANVIS E., 1949. Vie et moeurs des poissons. Paris, Payot.
- LEGER L., 1920. Jeunes stades d'eau douce et biologie de la lamproie marine. C.R. Ac. Sc., t. 170, p. 251.
- LEGGETT W.C., 1973. The migration of the Shad. The American Scientific, 228 (3) : 92-98.
- LEGGETT W.C., and R.A. JONES, 1968. A study of the rate and pattern of shad migration in the Connecticut River utilizing sonic tracking apparatus. II. U.S. Bur. Commer. Fish. Prog. Rep. 26 p.
- LOWE R.H., 1952. The influence of light and other factors on the seaward migration of the silver eel (*Anguilla anguilla*), J. Anim. Ecol., 21 : 275-309.

- LUND W.A., J. LÖESCH and G.W. KISSIL, 1970. Final Report-AFC. 3.2, Anadromous Fish Program 89.304.
- NIKOLSKY G.V. 1963. The ecology of fishes. London and New York, Academic Press, 352 p.
- PETERSEN, C.G.J., 1906. The influence of light on the migrations of the eel. Rep. Dan. Biol. Stn., 14 : 3-9.
- RAMEYE, KIENER, SPILLMANN. 1975. Sous presse.
- RICHKUS W.A., 1974. Factors influencing the seasonal and daily patterns of alewife (*Alosa pseudoharengus*) migration in a Rhode Island River. J. Fish. Res. Board Can., 31 (9) : 1485-1497.
- ROULE L. 1914. Traité raisonné de la Pisciculture et des pêches. Paris.
- ROULE L. 1920. Les poissons et le monde vivant des eaux. Tome IV. Voyages et migration, Paris, Delagrave.
- SAILA S.B., TT. POLGAR, D.J. SHEEHY and J.M. FLOWERS. 1972. Correlations between alewife activity and environmental variables at a fishway. Trans. Am. Fish. Soc., 101 : 583-594.
- SCHMIDT J., 1906. Contribution on the life history of the eel (*Anguilla vulgaris* Flem.) Rapp. P.-V. Reun. Cons. perm. int. Explor. Mer., 5 : 137-274.
- SPILLMANN C.J., 1961. Poissons d'eau douce in : Faune de France, 65 : 303 p.
- VERNEAUX J., 1971. Faune dulçaquicole de Franche-Comté Le bassin du Doubs (Massif du Jura). I - Les poissons. Am. Sci. Univ. Besançon, 7 (3) : 3-18.
- VIBERT R. et K. LAGLER, 1961. Pêches continentales. Biologie et aménagements. Paris, Dunod. 720 p.
- VINCENT P., 1889. La propagation artificielle de l'alose. Extrait Bull. Agric.
- * GEMAEHLING Cl., 1974. Vers l'achèvement de l'aménagement du Rhône. T.S.M. L'Eau, 69e année, n°3, 93-103.
- JENS G. 1971. Funktion, Bau und Betrieb von Fischpässen. Arch. Fisch. Wiss., 22 (1), 1-30. Décembre.
- Rapports consultés -
Archives Direction Départementale de l'Agriculture du Gard.
Rapport de M. POPELIN du 30 Novembre 1971 sur la pêche de l'anguille.
./.

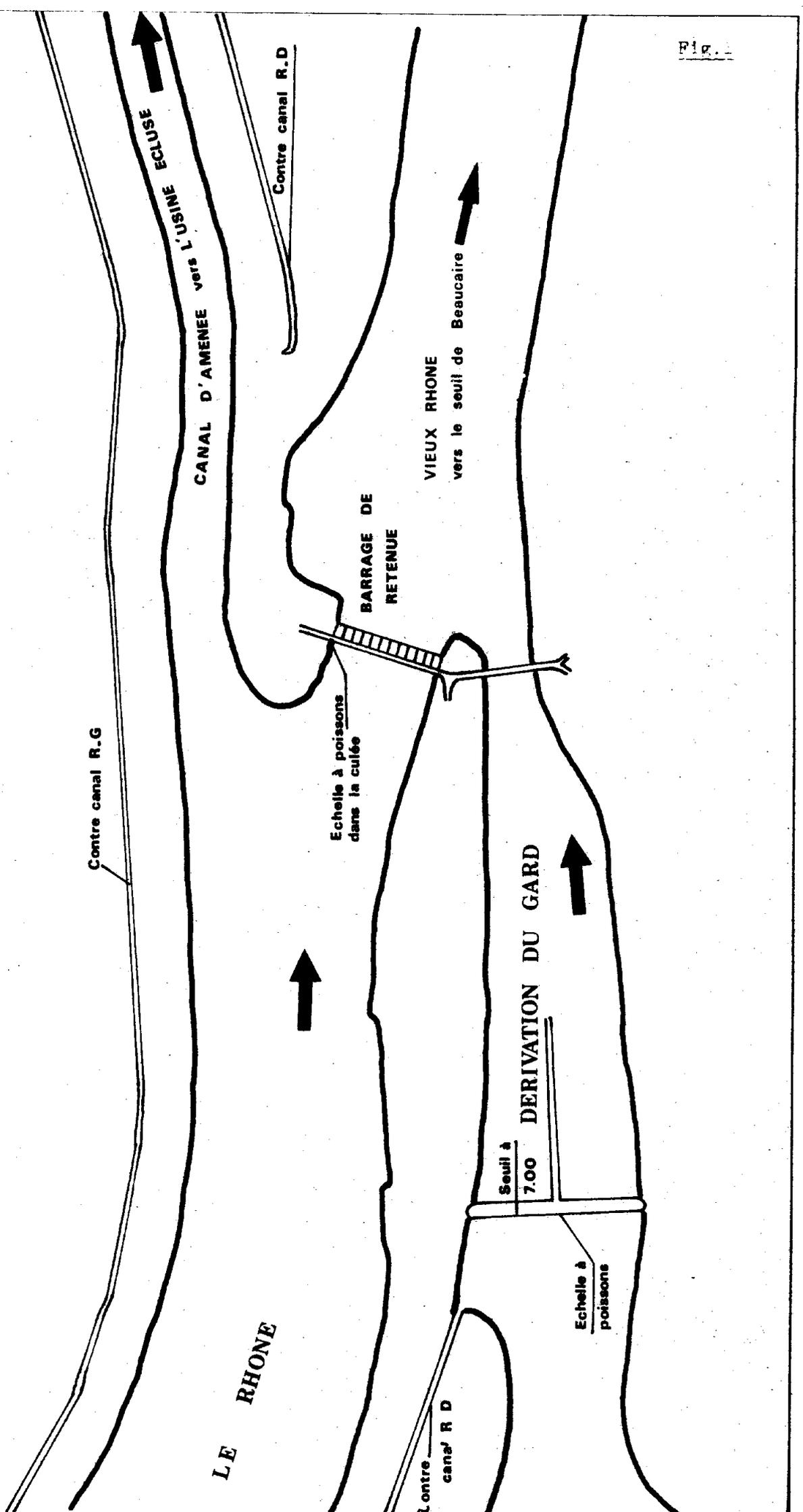
Rapport COYNE & BELLIER de Janvier 1972 : étude de l'aménagement piscicole des rivières à saumons et truites de mer (Ministère de l'Agriculture - Service de l'Hydraulique).

Rapport n° 50.00 du Laboratoire de GERLAND de la C.N.R. - 13 Juillet 1968.

PLAN D'ENSEMBLE

ECHELLE : 1/10 000

VALLABREGUES



% du temps
de remontée

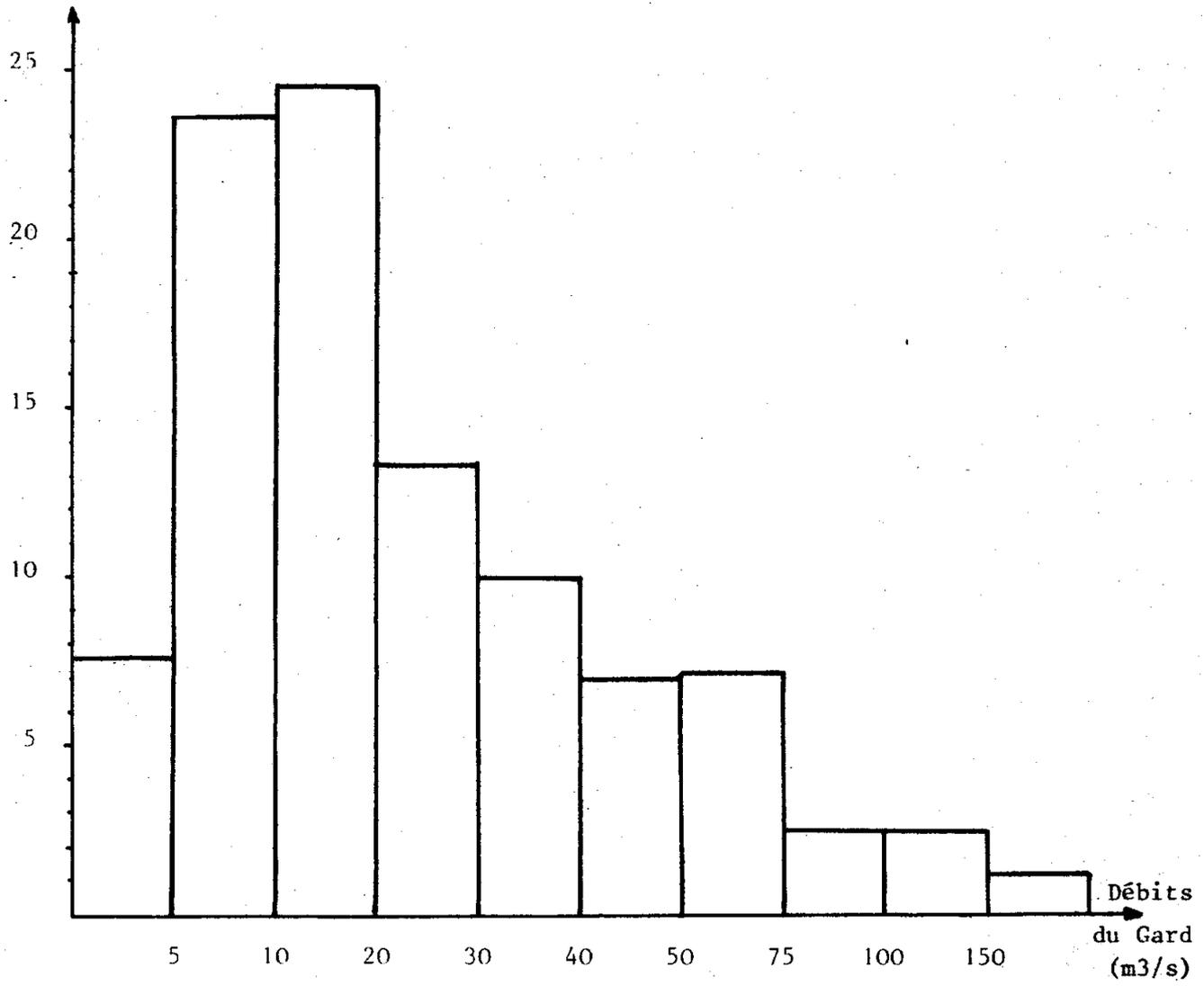
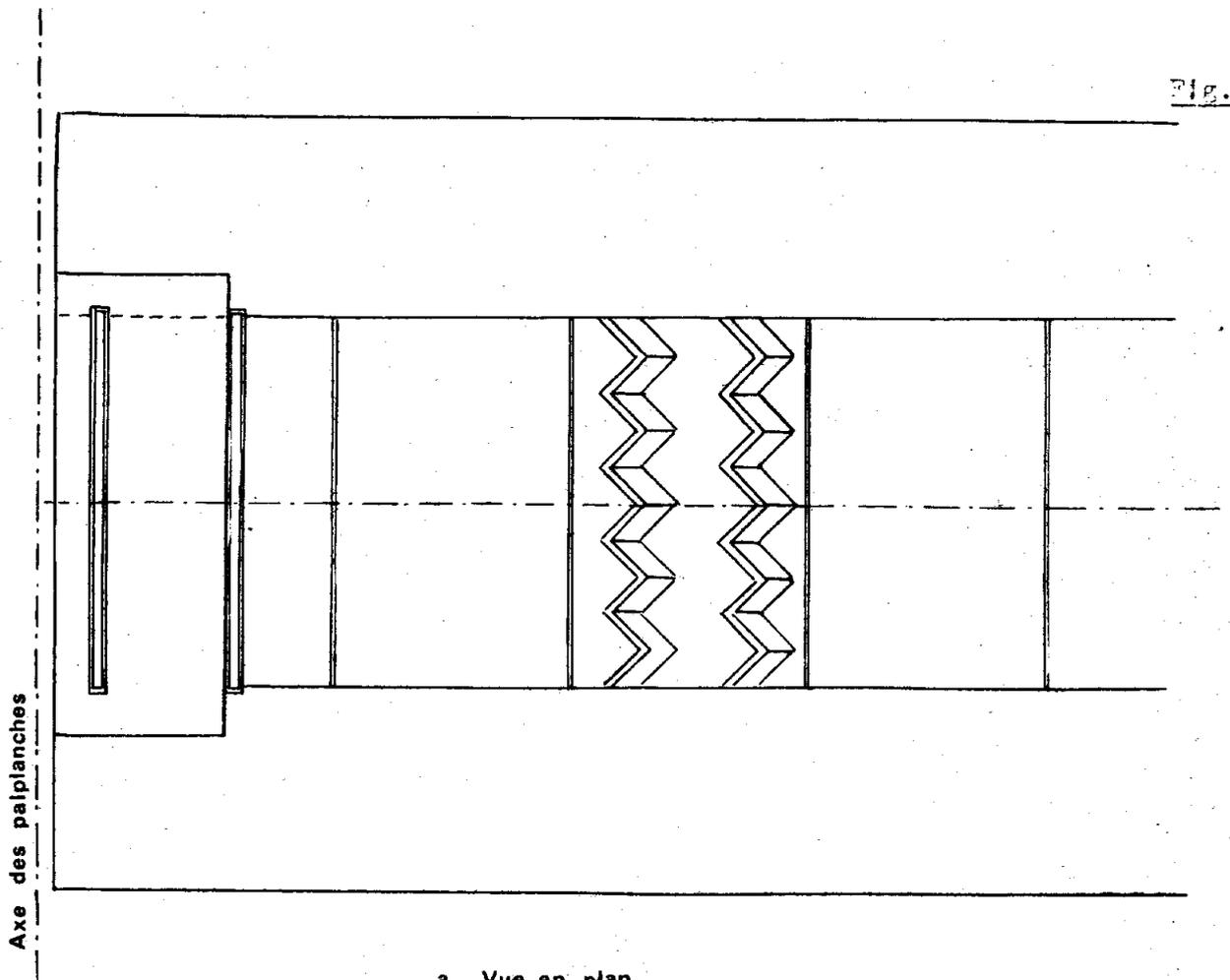
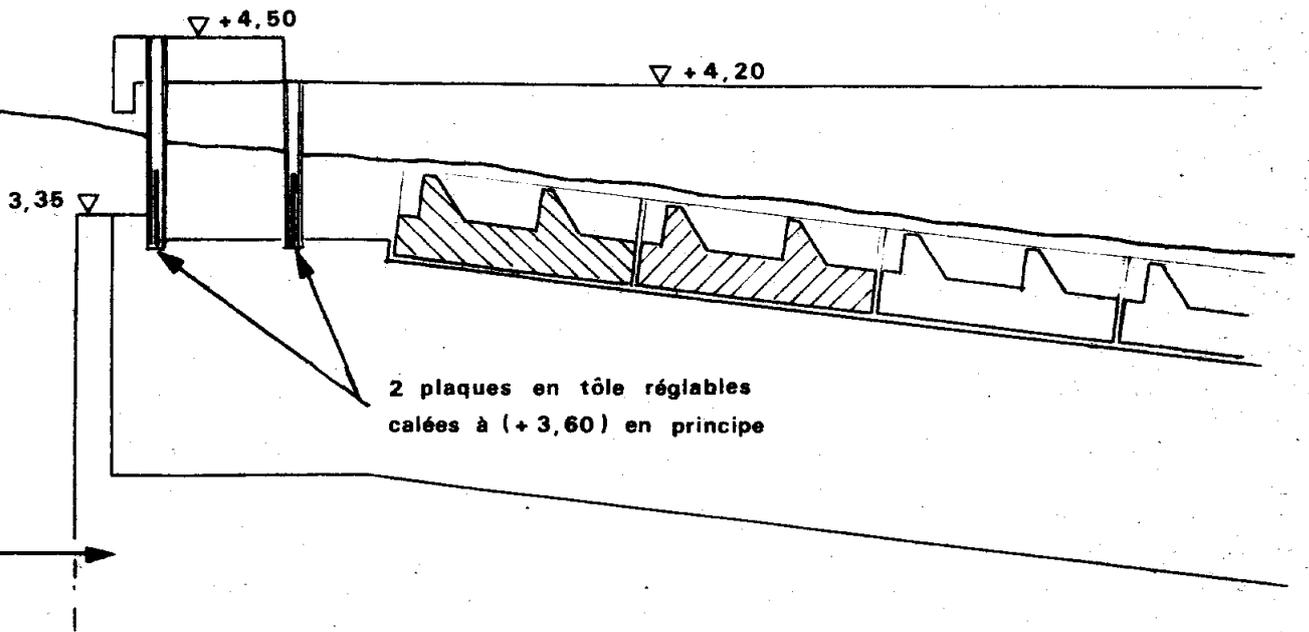


Figure 2 : histogramme de fréquence des débits du Gard (1970 à 1973)



a. Vue en plan



b. Coupe

Fig. 3 Ecoule à pilons du Seuil de Beaucaire.

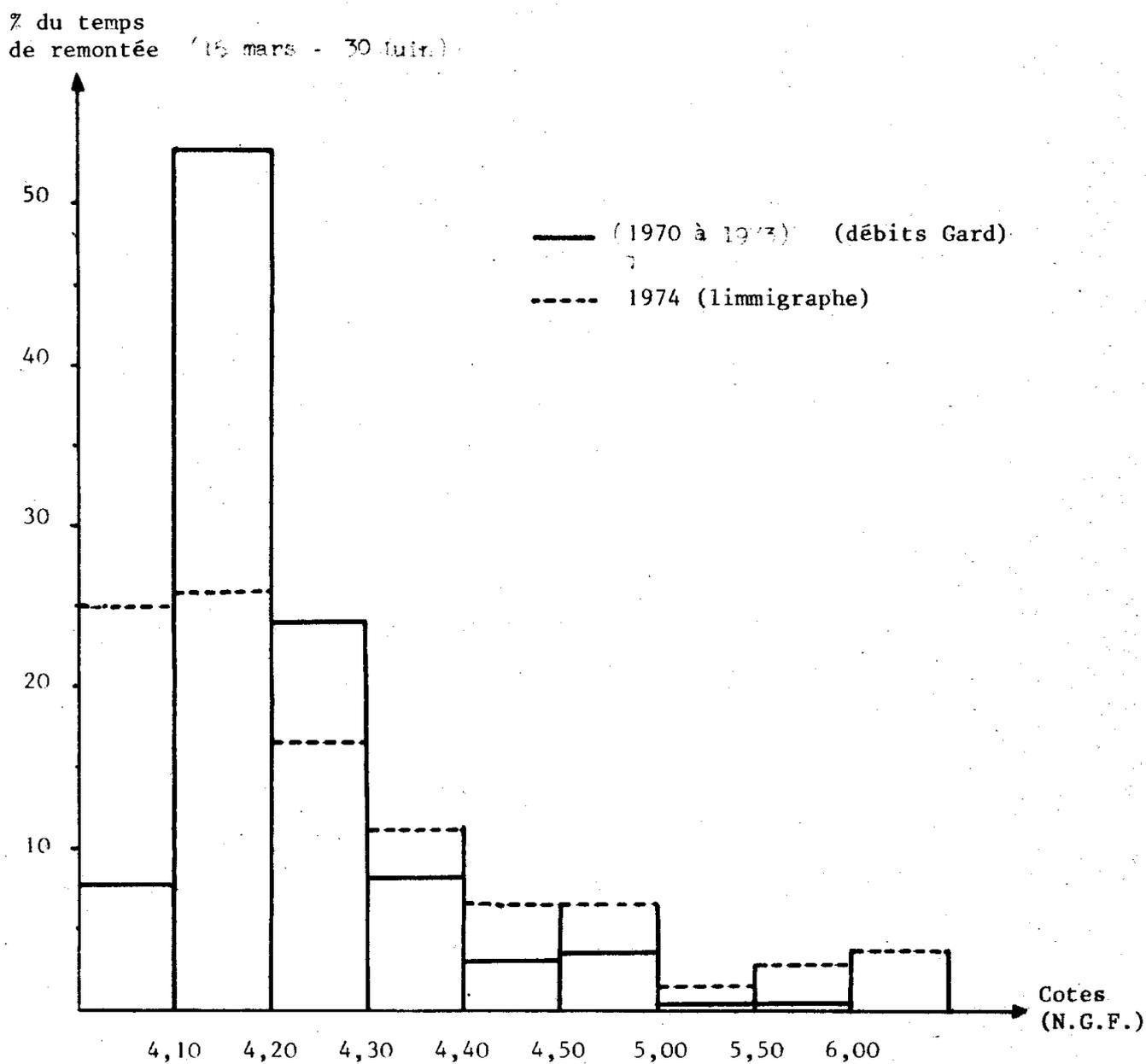
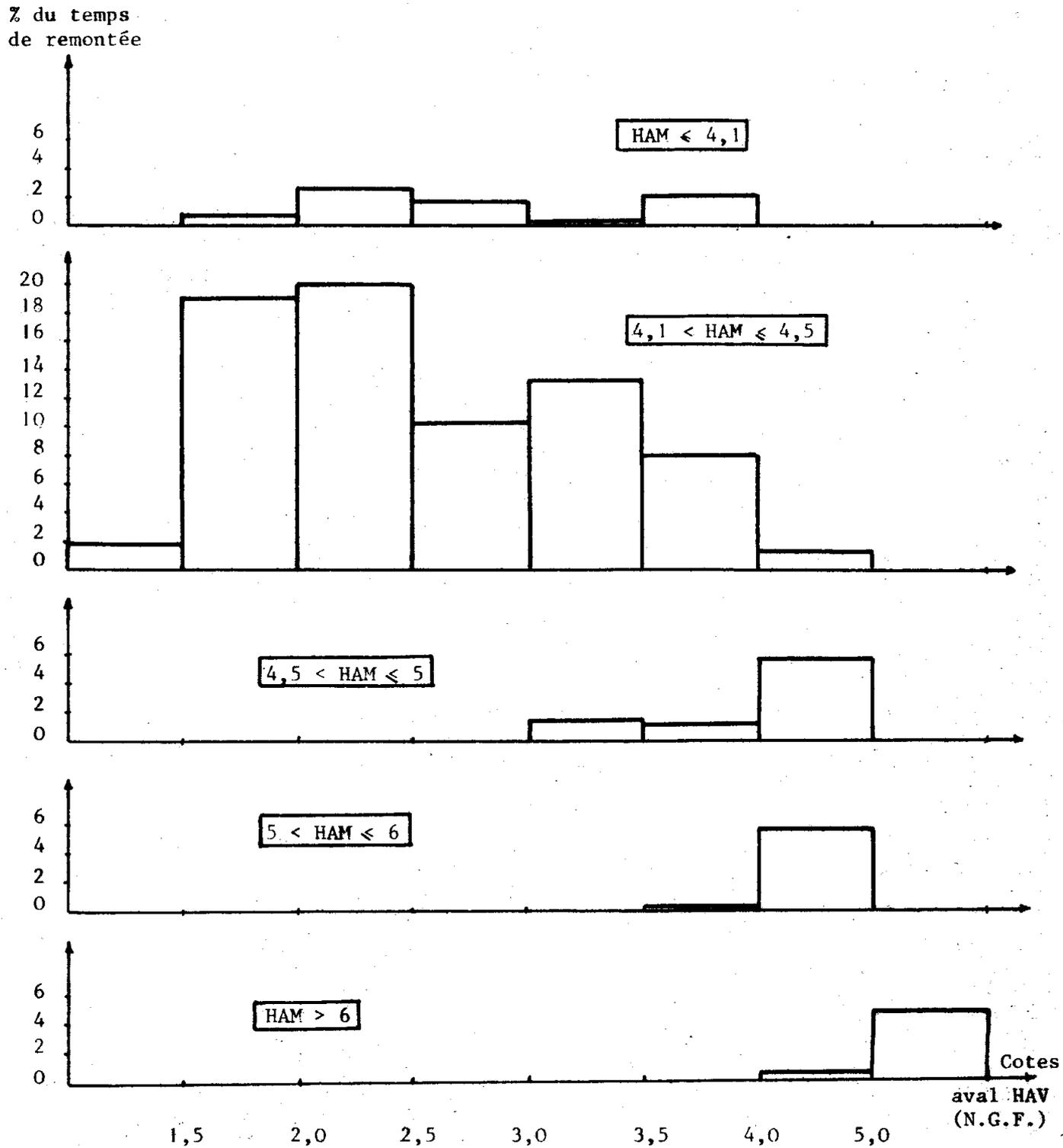


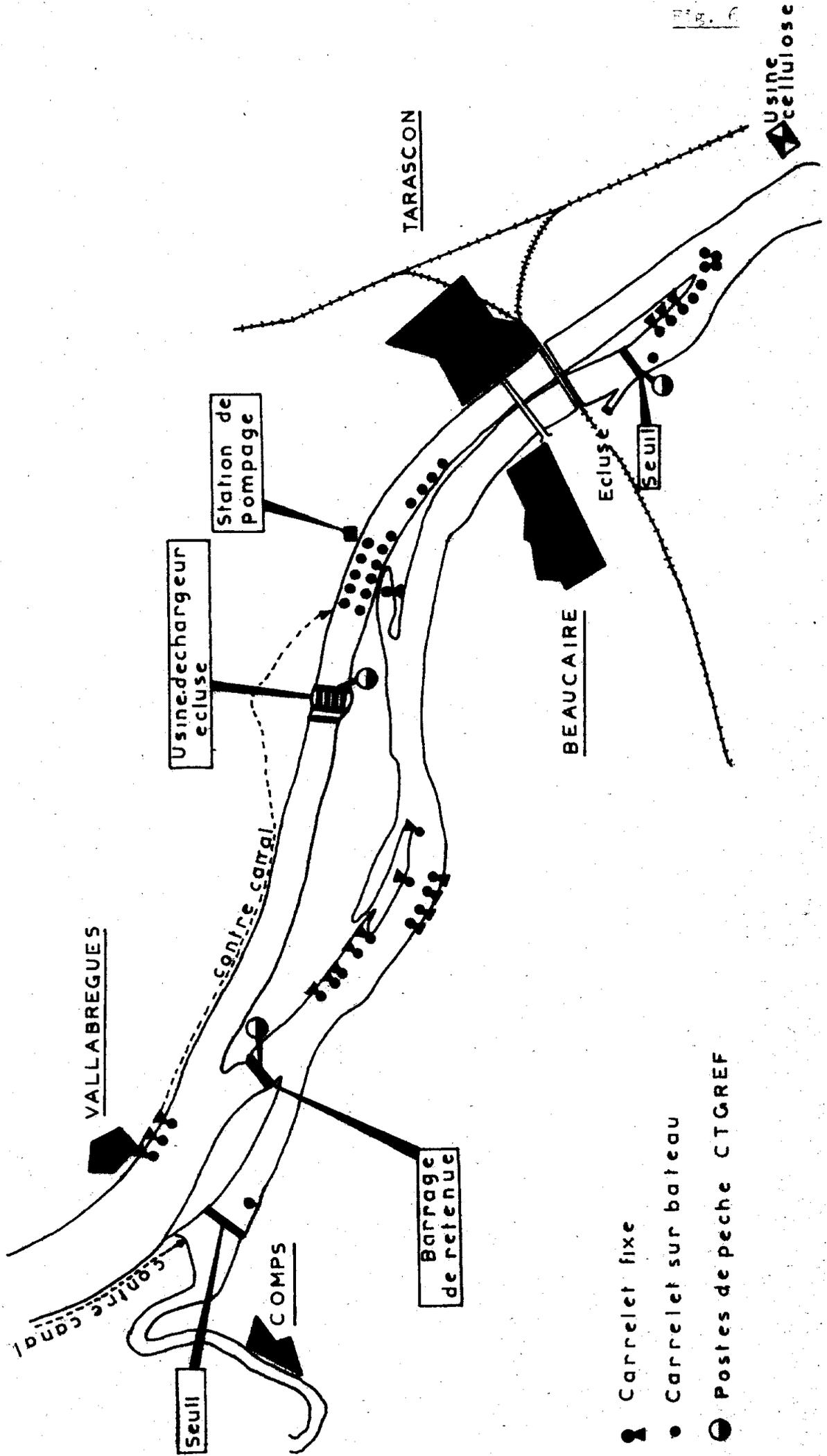
Figure 4 : histogramme de fréquence des cotes amont au seuil de Beaucaire

Figure 5 : histogramme de fréquence des cotes aval HAV en fonction des cotes amont HAM au seuil de Beaucaire pendant les périodes de migration (15 Mars - 30 Juin) de 1960 à 1973.



EMPLACEMENT DES PECHEURS

AUX ENGIN



- ▲ Carrelet fixe
- Carrelet sur bateau
- Postes de pêche CTGREF

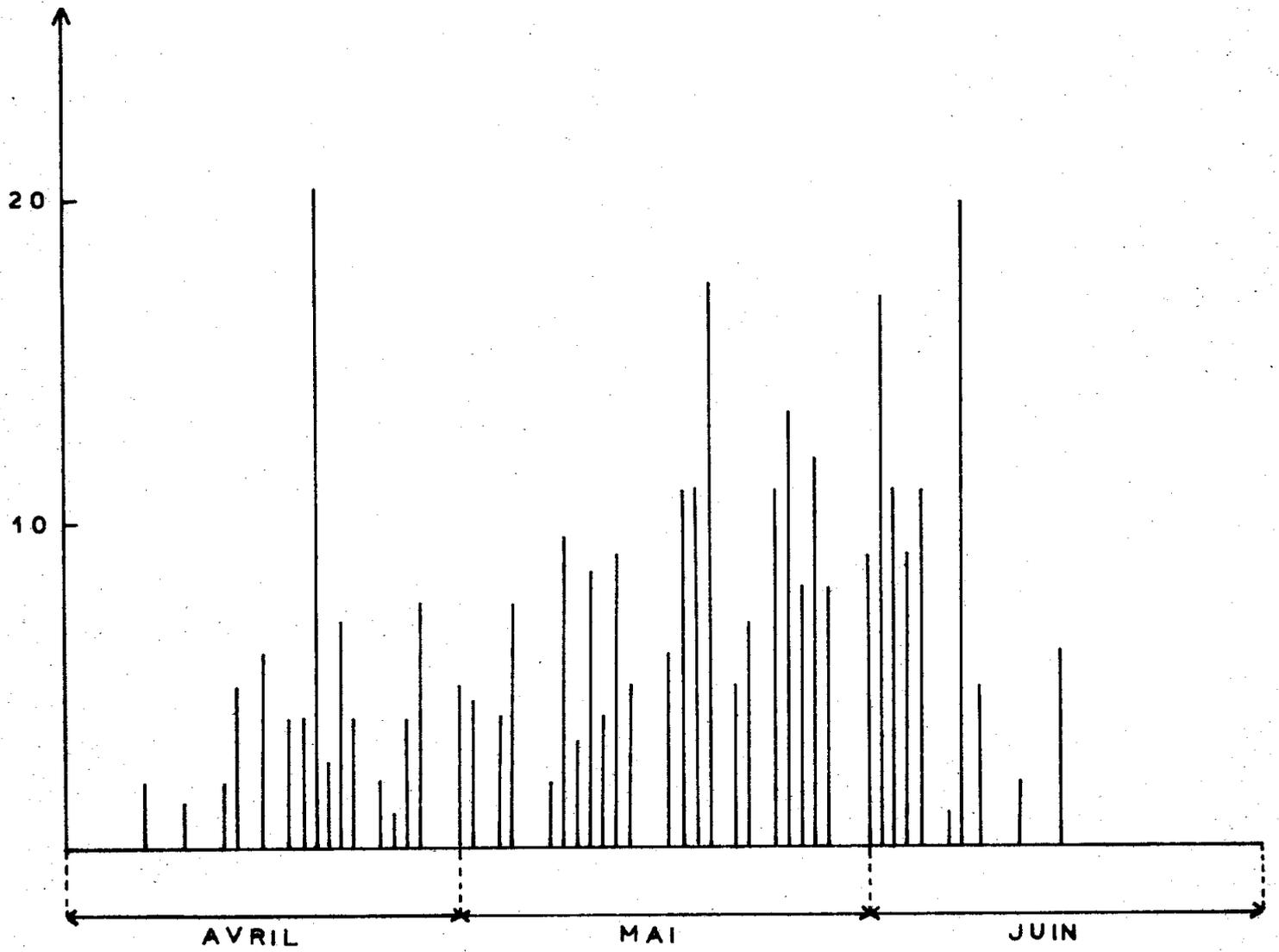


Fig. 7 MOYENNE JOURNALIERE DES CAPTURES
PAR CARRELET AU CONFLUENT

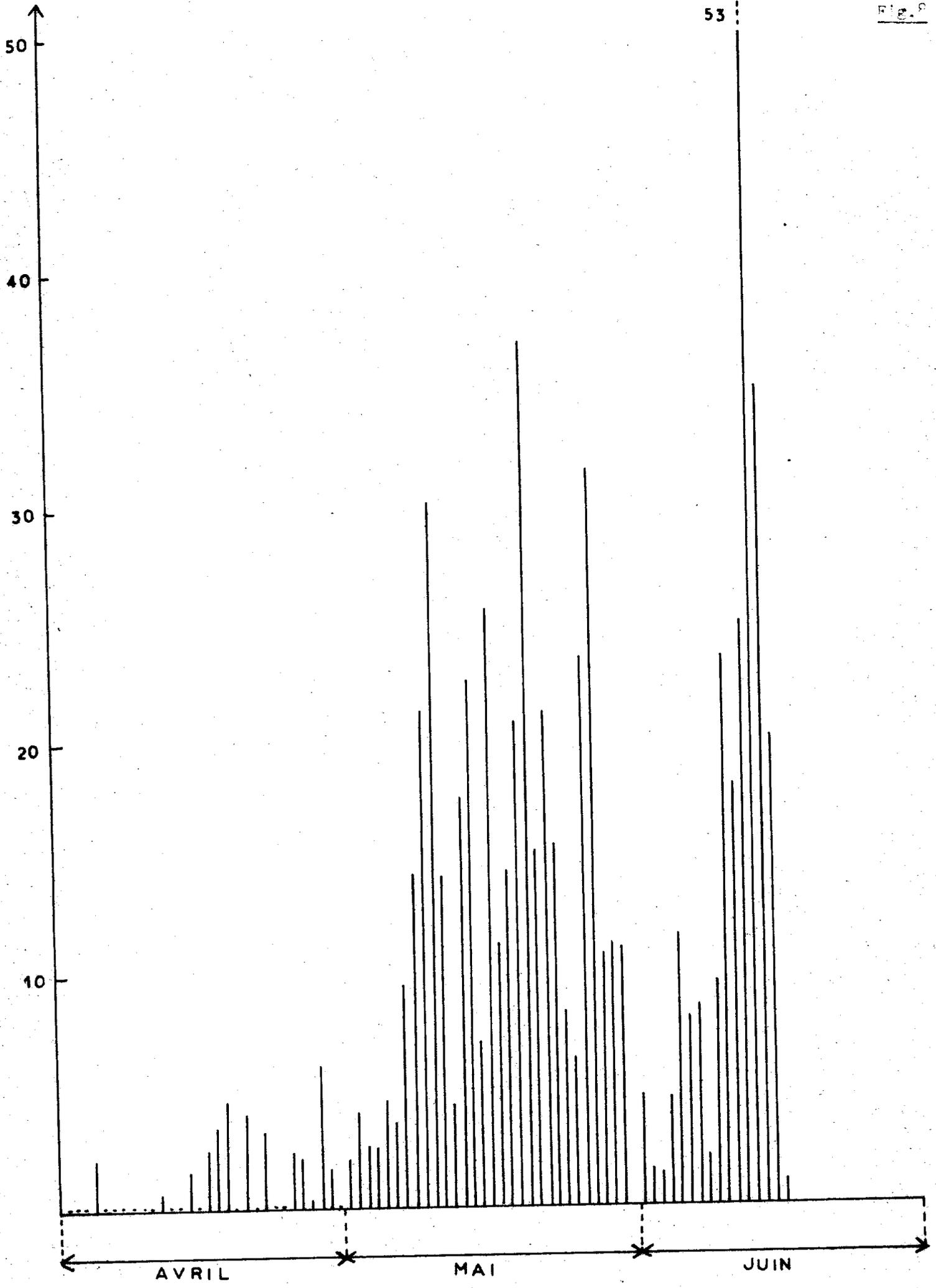


FIG. 8 MOYENNE JOURNALIERE DES CAPTURES PAR CARRELET DANS LE LOT 13 bis (RIVE DROITE AVAL USINE)

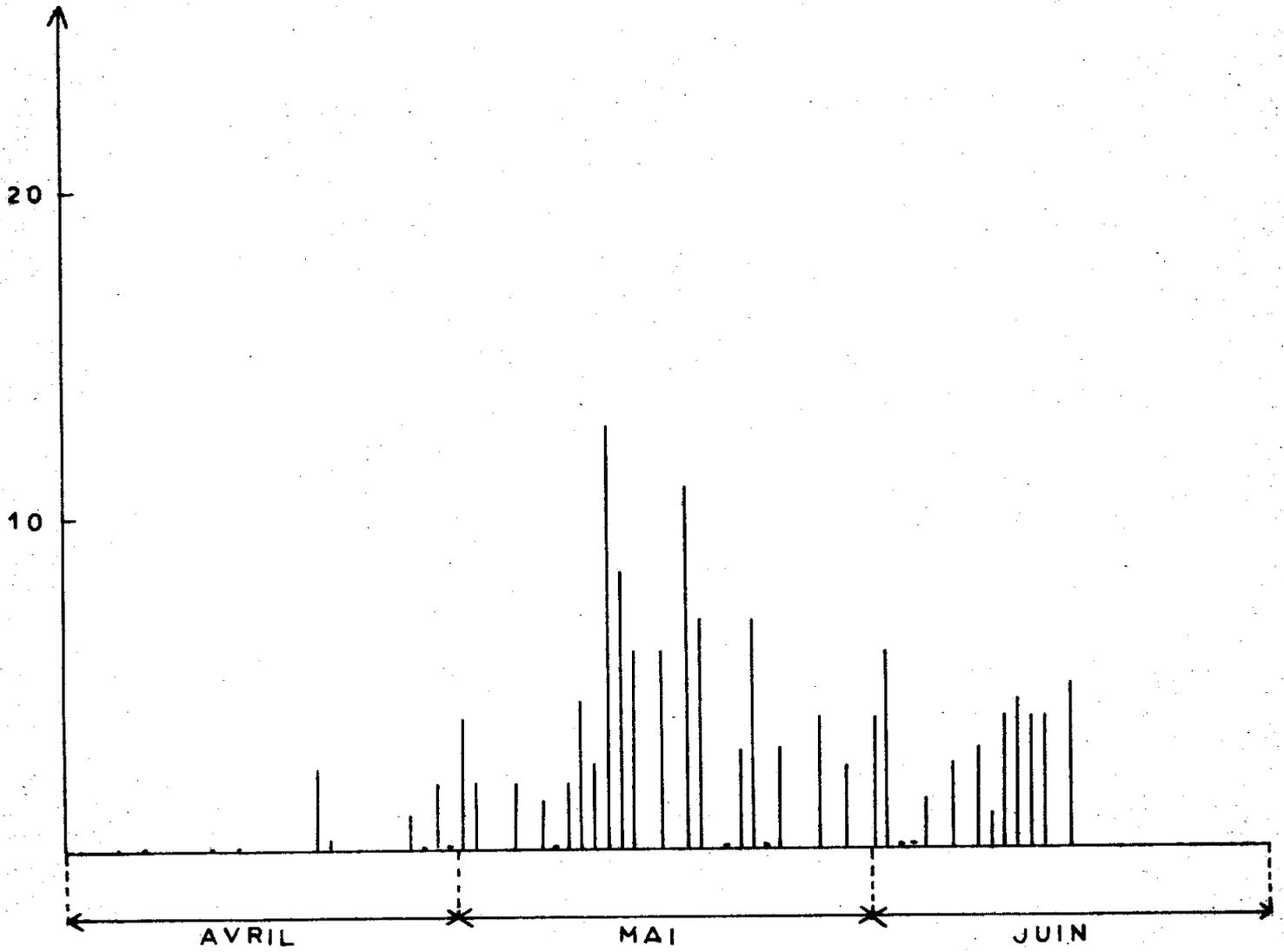


Fig. 2 MOYENNE JOURNALIERE DES CAPTURES
 PAR CARRELET DANS LE LOT 13 bis
 (RIVE DROITE - ANSE)

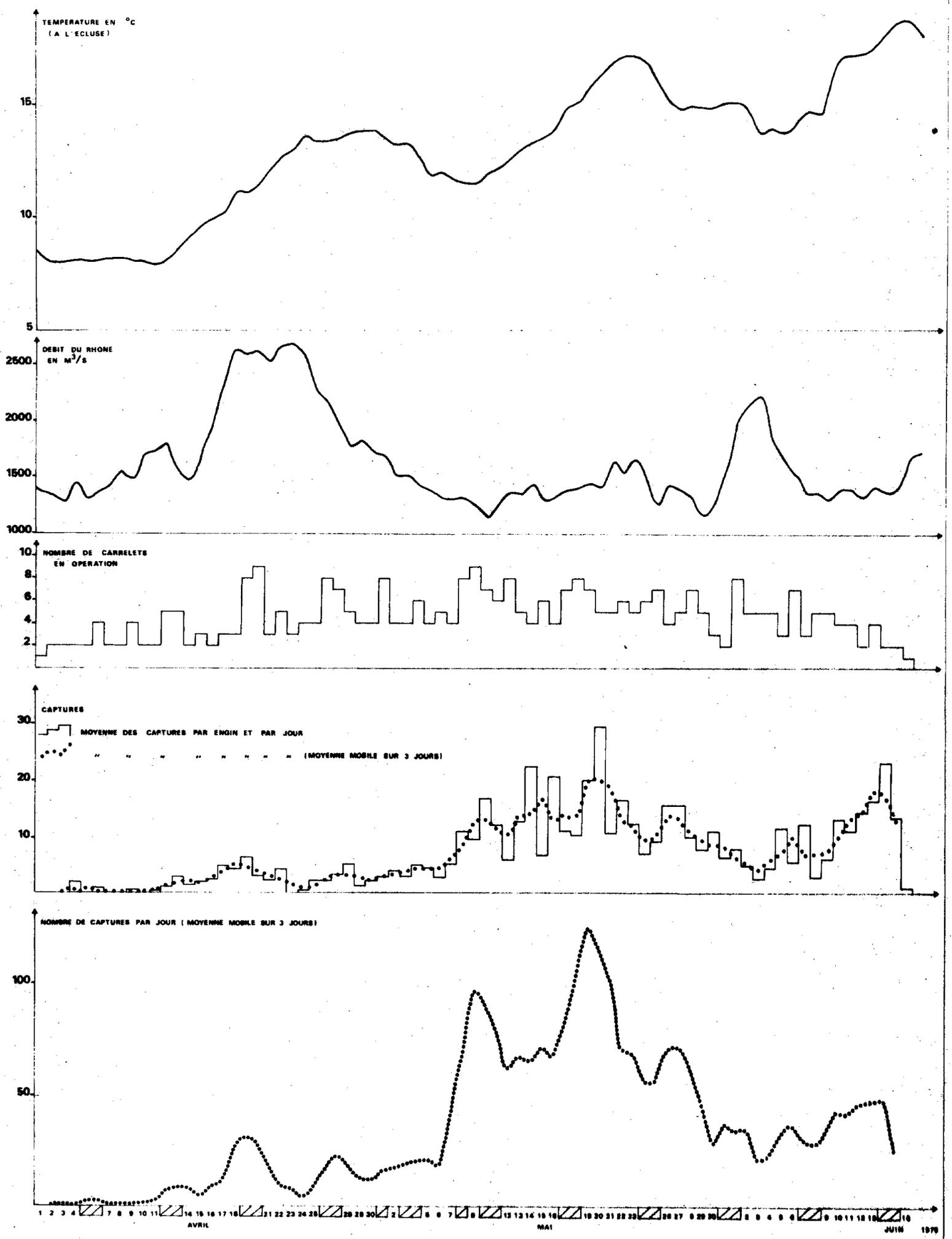


Fig 10 Données sur les pêches au carrelet en fonction des températures et des débits du Rhône

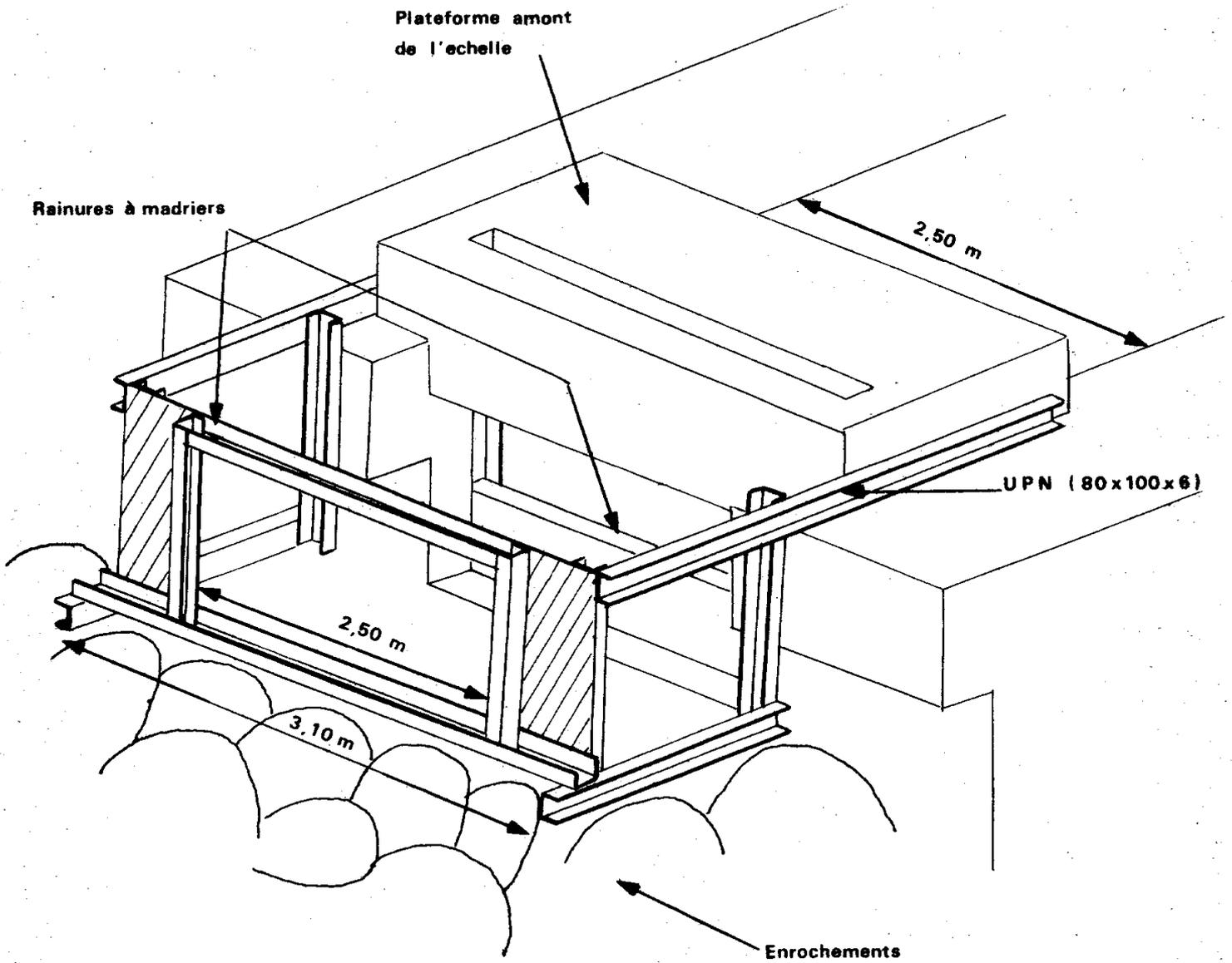


Fig. 11 Seuil de Beaucaire. Dispositif de réglage du débit dans l'échelle.

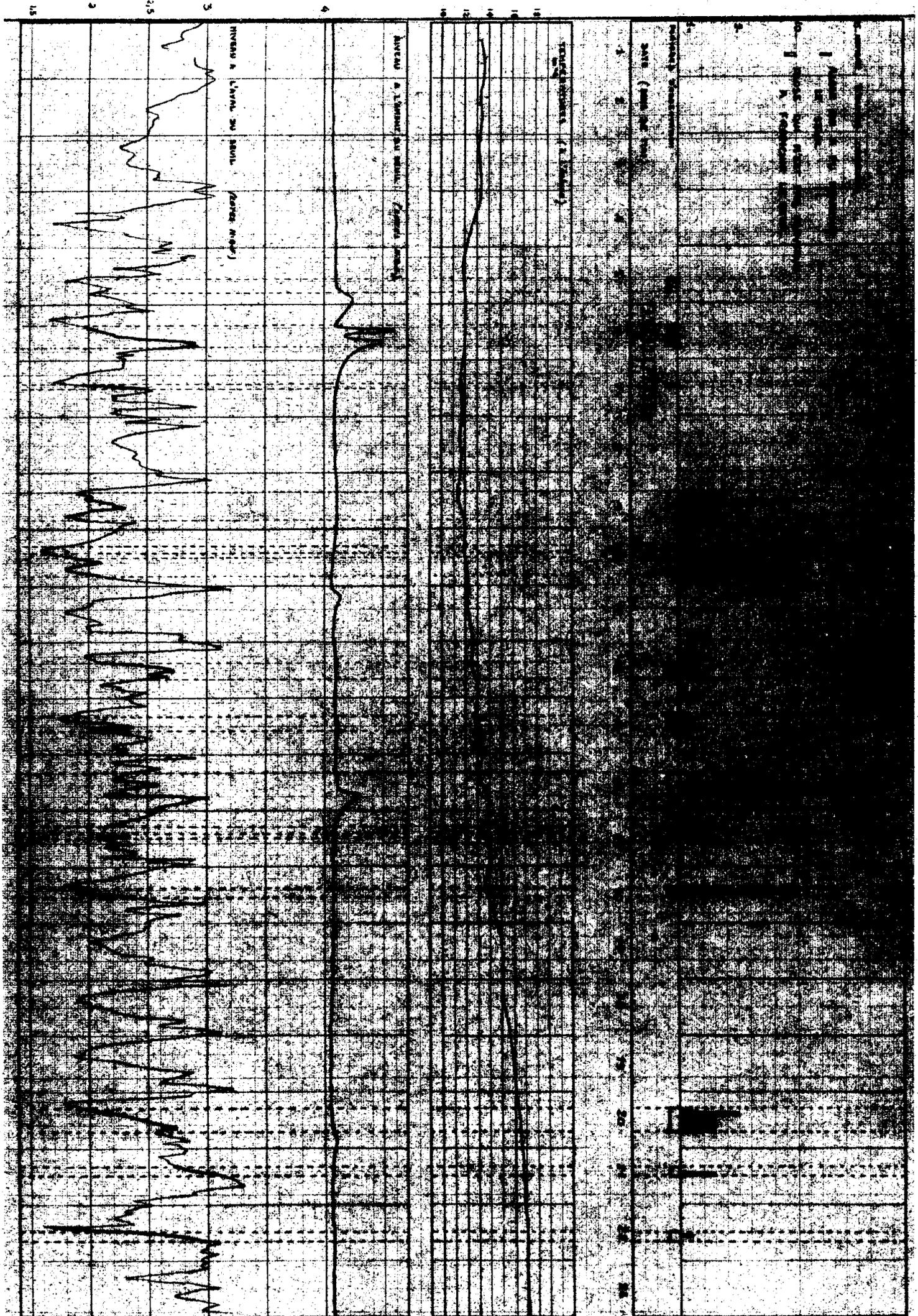


Fig. 12 Observations sur le passage des Aloses au puits de Nemours

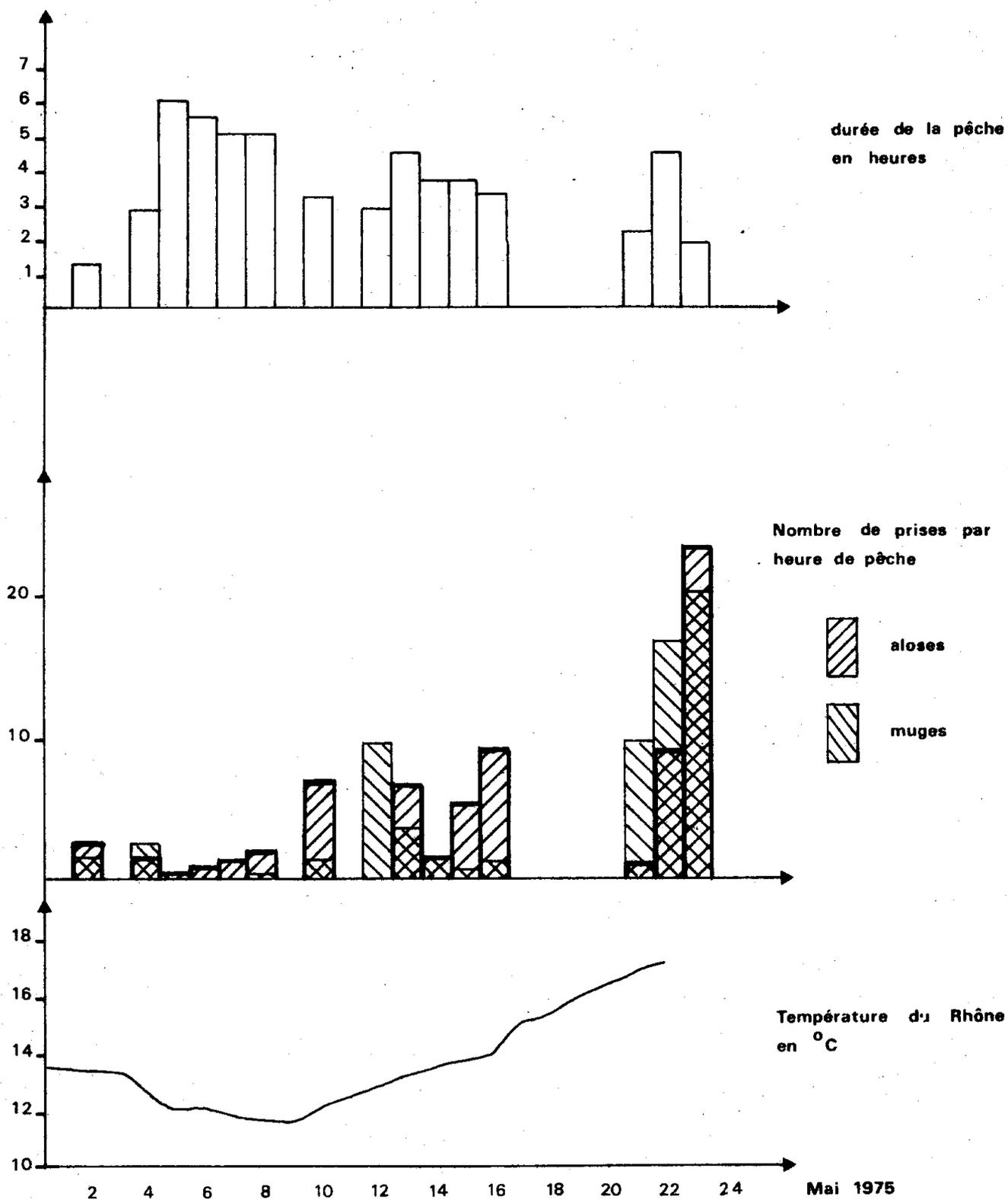


Fig. 13 Captures au poste fixe de l'écluse de navigation.

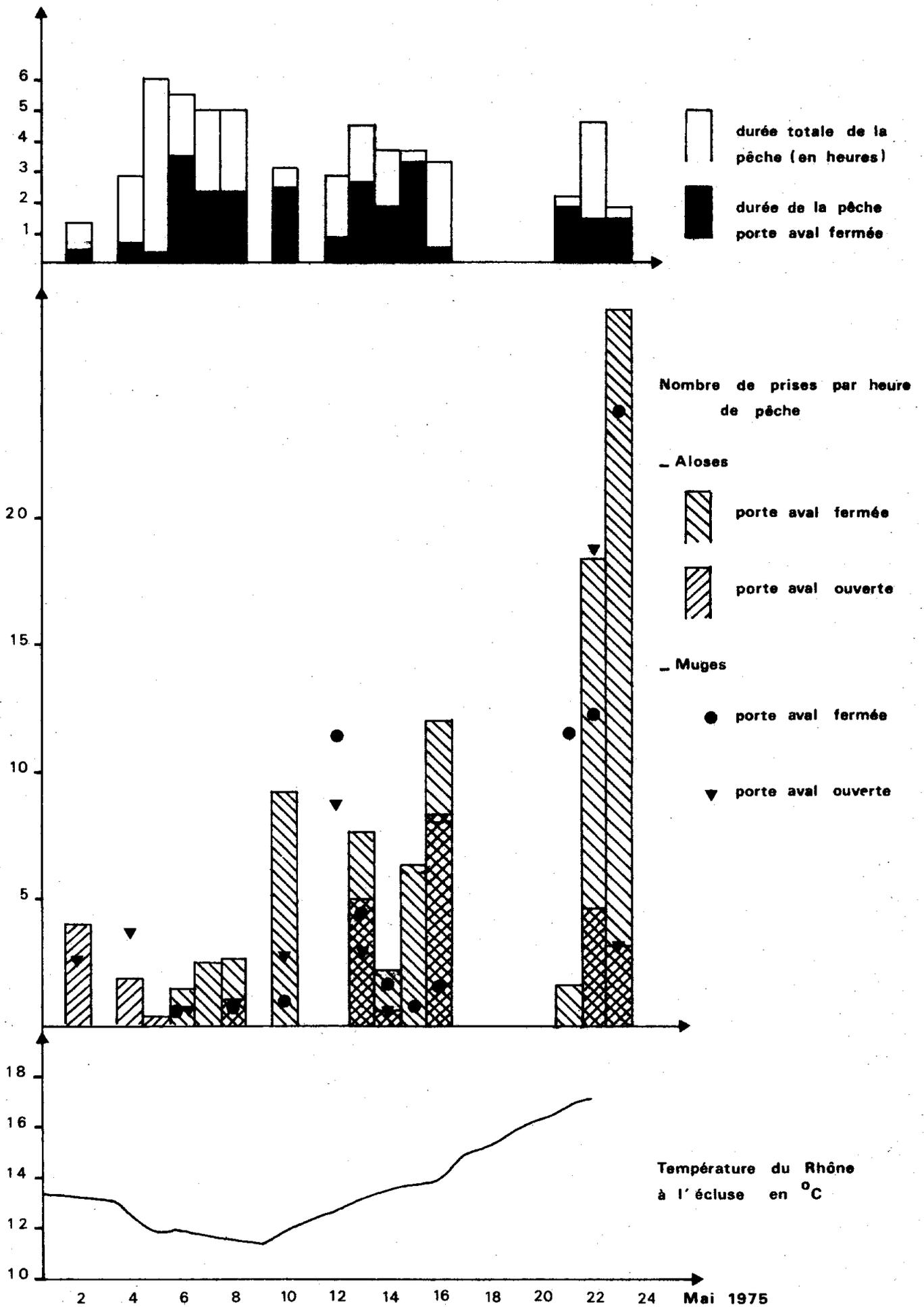


Fig. 14 Captures au poste fixe de l'écluse en fonction de la position de la porte aval.

Fig: 15 Schéma de l'usine-écluse de navigation

ECHELLE : 1 / 25000

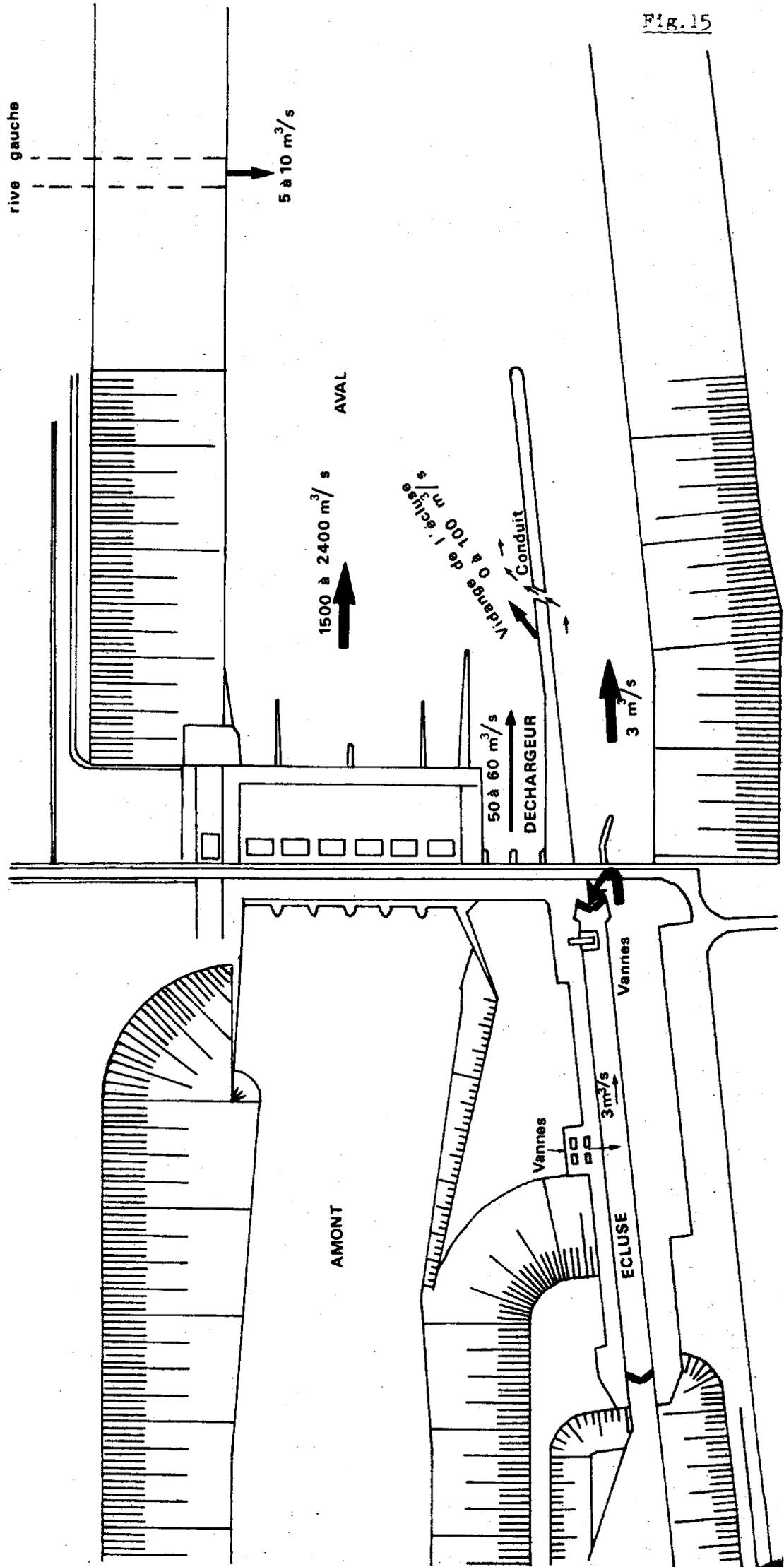


Fig. 15

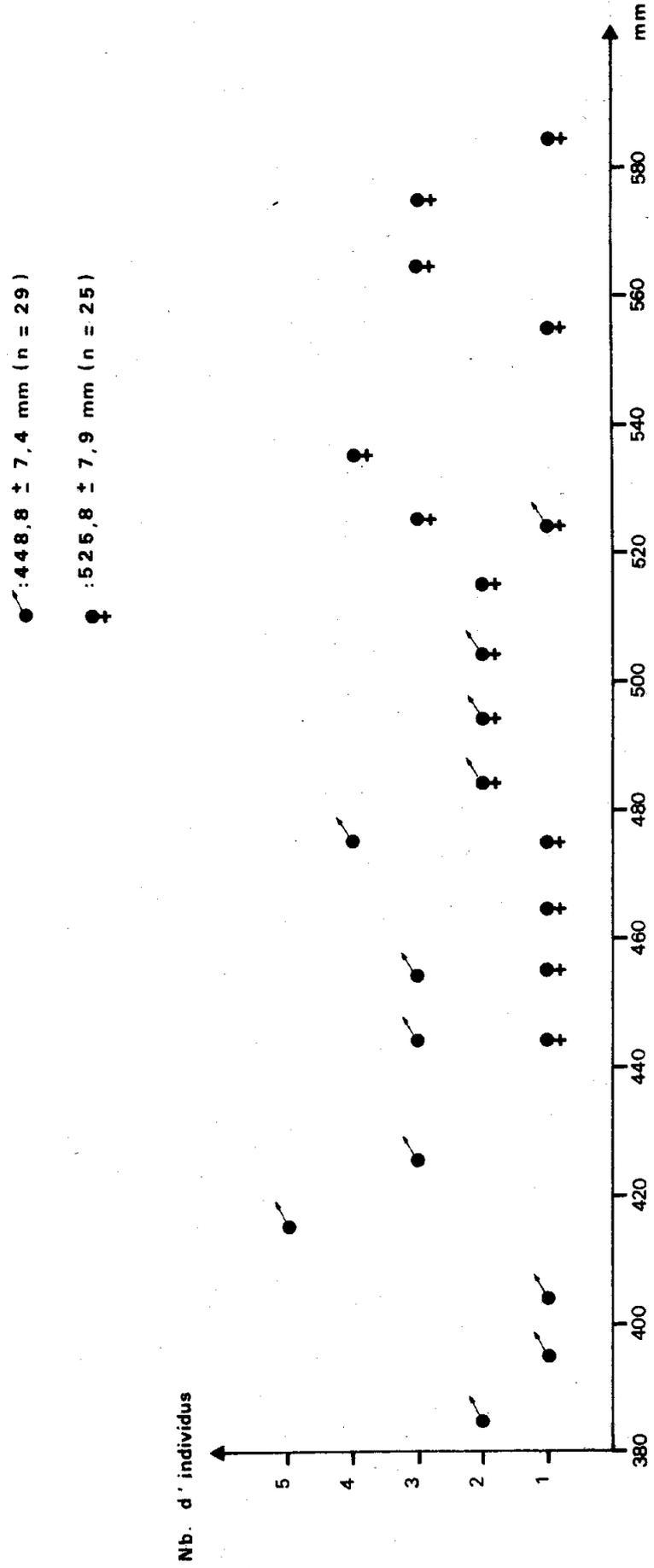


Fig. 16 Répartition du sexe des aloses en fonction de la taille.

LEGENDE DES PHOTOS

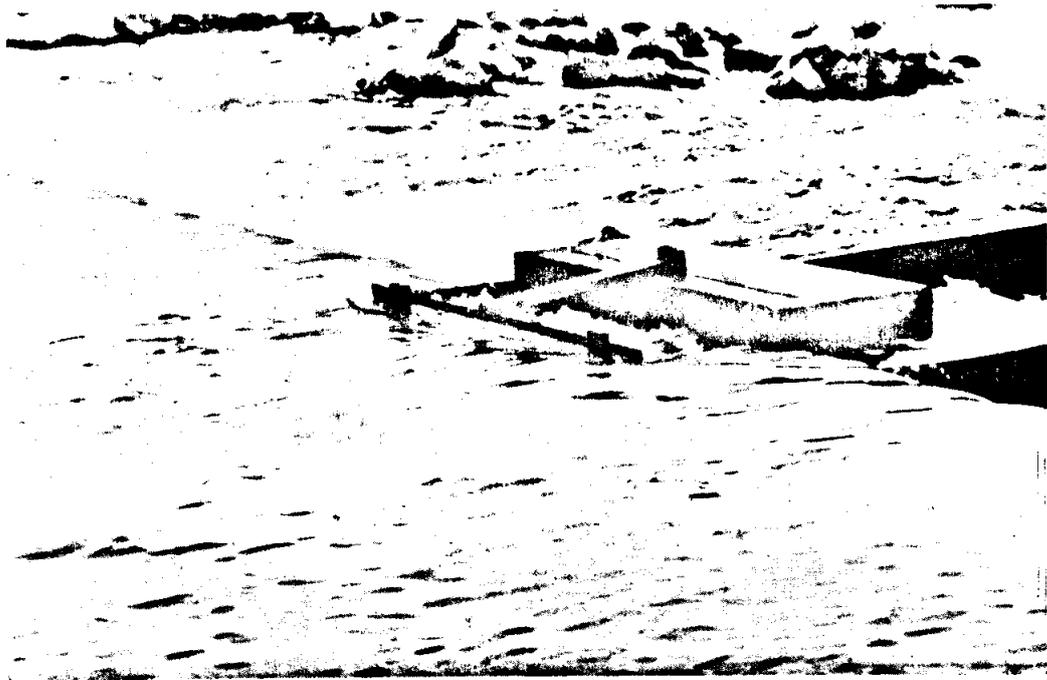
1ère page : Dispositif de réglage du débit à l'amont du
seuil de Beaucaire.

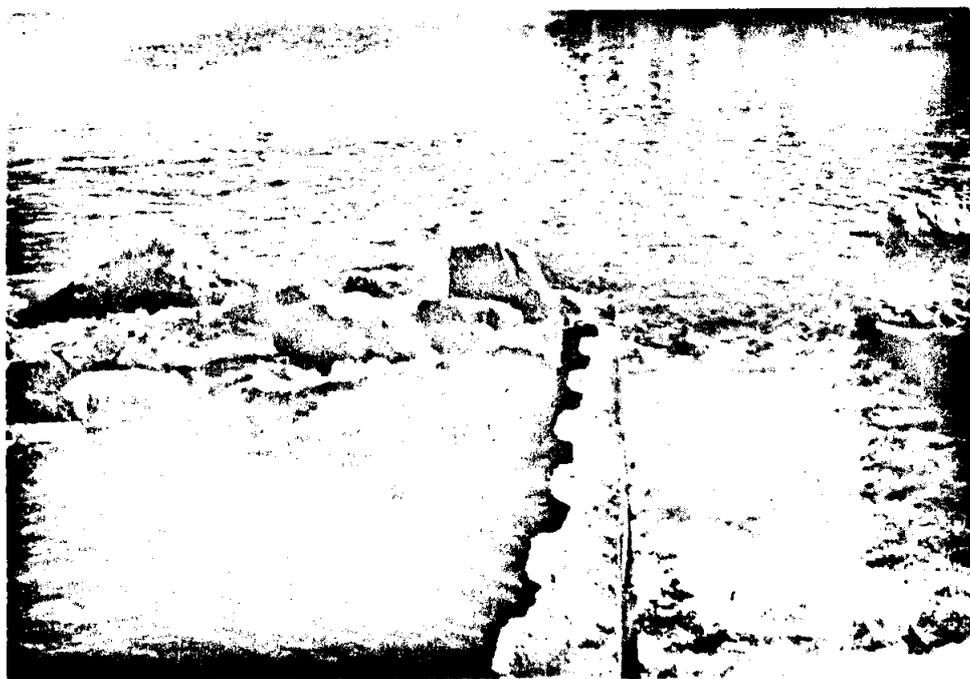
2ème page :

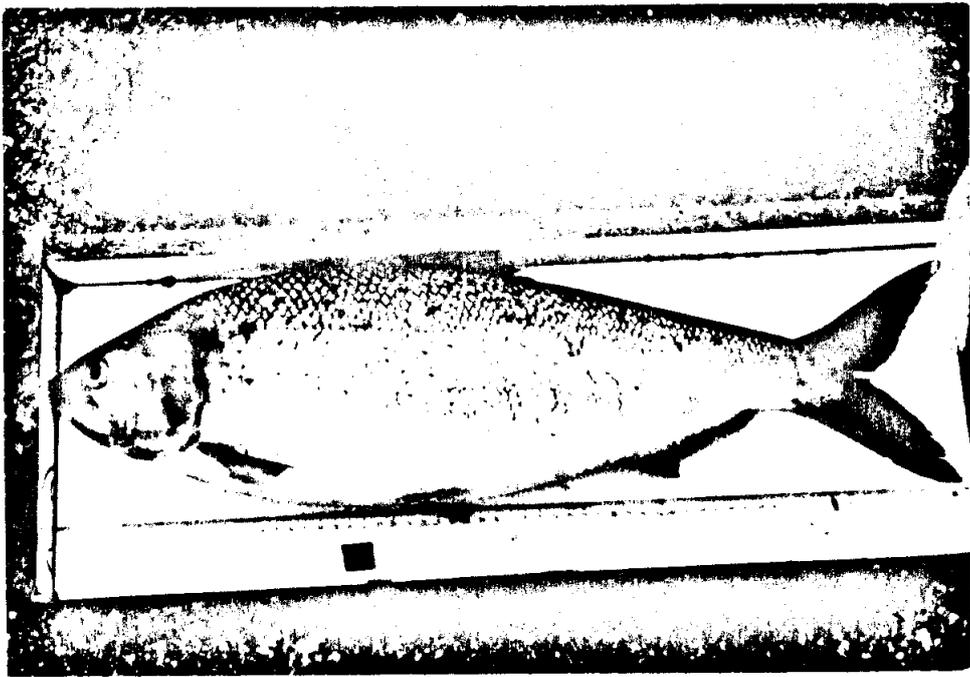
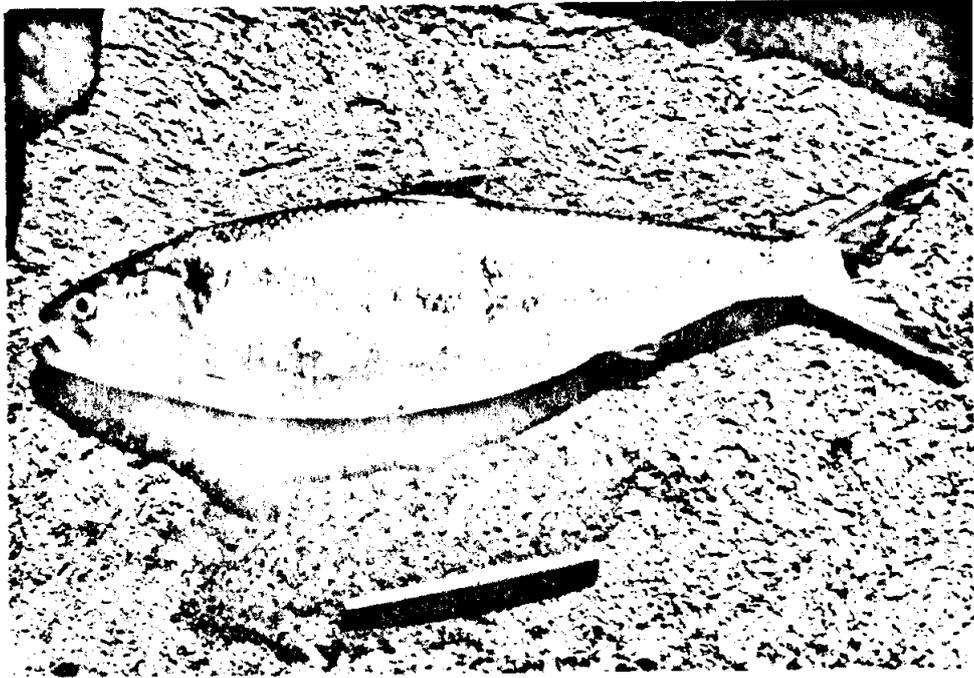
- . Photo du dessus : Vue aval de l'échelle du seuil de Beaucaire.
- . Photo du dessous : Vue générale du seuil de Beaucaire.

3ème page :

- . Photo du dessus : Alose finte.
 - . Photo du dessous : Grande Alose.
-







RECETTE DE L'ALOSE DU RHONE

Dépecer l'alose

La couper en tranches

Enfariner les morceaux

Les faire rôtir des deux côtés dans une poêle

Les flamber au cognac

Dans un fait-tout, faire revenir dans un peu d'huile

*1/2 kg d'oignons frais (le blanc et le vert), 2 à 3 gousses d'ail,
1 blanc de poireau, 2 coeurs de laitue et 1/2 kg d'oseille.*

Bien mélanger - Ajouter thym et laurier

Placer les morceaux d'alose dessus

*Dans la poêle, mettre du vin blanc (1/2 litre), 2 clous de girofle,
du fenouil, du poivre, du sel, 2 petits piments rouges.*

Faire un peu chauffer pour détacher et arroser l'alose.

Ajouter 70 à 80 g de beurre

Ajouter éventuellement un peu d'eau

Laisser cuire 3 h. Servir chaud.
