

**ADAPTATION DES TRUITES**  
***SALMO TRUTTA FARIO* ET *SALMO GAIRDNERI***  
***IRIDEUS* A LA VIE MARINE**

par Sonia LANDREIN



## SOMMAIRE

	PAGES
INTRODUCTION .....	117
PREMIERE PARTIE	
<b>DETERMINATION DES ESPECES</b>	
<b>I. - Etude morphologique .....</b>	<b>120</b>
1° <i>Observations antérieures</i> .....	120
2° <i>Observations nouvelles</i> .....	121
1) <b>Origine des nouvelles captures</b> .....	121
2) <b>Résultats des marquages</b> .....	122
3) <b>Description morphologique des individus observés mais non marqués</b> .....	122
a) <i>Salmo gairdneri</i> .....	123
b) <i>Salmo trutta</i> LINNÉ .....	124
<i>Truite de rivière</i> .....	125
<i>Truite de lac</i> .....	126
<i>Truite de mer</i> .....	127
c) <b>Truites capturées en milieu marin</b> .....	129
<b>Conclusion</b> .....	131
<b>II. - Etude immunologique et biochimique .....</b>	<b>131</b>
1° <i>Historique</i> .....	131
2° <i>Etude des groupes sanguins</i> .....	133
1) <b>Etat des travaux antérieurs sur les Salmonidés</b> .....	133
2) <b>Principe</b> .....	133
3) <b>Technique de prélèvement et de conservation du sang des poissons</b> .....	134
4) <b>Préparation des immun-sérums</b> .....	135
5) <b>Origine des réactifs et détails de la méthode</b> .....	135
6) <b>Résultats</b> .....	137
3° <i>Electrophorèse des protéines sériques</i> .....	140
1) <b>Etat des travaux antérieures sur les Salmonidés</b> .....	141
2) <b>Principe</b> .....	141
3) <b>Choix du support</b> .....	141
a) <b>Matériel et réactifs utilisés</b> .....	142
b) <b>Mode opératoire</b> .....	142
4) <b>Résultats</b> .....	142
<b>III. - Conclusion</b> .....	<b>144</b>

DEUXIEME PARTIE

**ETUDE EXPERIMENTALE  
DE L'ADAPTATION DE *SALMO TRUTTA FARIO*  
ET DE *SALMO GAIRDNERI IRIDEUS* A LA VIE MARINE**

	PAGES
<b>I. - Analyse historique des expériences antérieures</b> .....	147
<b>II. - Expériences réalisées au laboratoire</b> .....	148
<b>1° Conditions d'expérience</b> .....	148
<b>1) Conditions de milieu</b> .....	148
a) Oxygène et température .....	148
b) pH .....	149
c) Sels minéraux et oligo-éléments .....	150
d) Densité de population et débit de l'eau .....	150
<b>2) Description des installations</b> .....	150
a) Installations pour l'incubation et l'alevinage .....	150
b) Installation pour l'élevage des truitelles et des truites .....	152
<b>2° Expérimentation et résultats</b> .....	154
<b>1) Adaptation à l'eau de mer</b> .....	154
a) Fécondation et incubation .....	154
b) Eclosion ; alevins vésiculés .....	155
c) Alevins de 3 à 5 cm .....	157
d) Truitelles de 10 à 15 cm .....	158
e) Truites de 18 à 25 cm .....	159
<b>2) Modifications chromatiques observées au cours des expériences</b> ..	162
a) Coloration du corps .....	162
b) « Saumonisation » .....	164
<b>Conclusion</b> .....	166
<b>III. - Expériences réalisées en milieu naturel</b> .....	167
<b>1° Conditions d'expérience</b> .....	167
<b>1) Situation de la pisciculture</b> .....	167
<b>2) Conditions générales de milieu</b> ..	167
a) L'eau douce .....	168
b) L'eau d'origine marine .....	171
c) L'eau de mélange .....	171
<b>2° Expérimentation et résultats</b> .....	171
<b>1) Immersions directes dans des eaux de salinités déterminées</b> ....	172
a) Alevins de 5 cm .....	172
b) Truitelles de 10 cm .....	172

	PAGES
c) Truites de 14 cm .....	172
d) Truites de 18 cm .....	172
e) Truites de 20 cm .....	172
f) Truites de 25 cm .....	172
2) <b>Adaptation progressive</b> .....	172
3) <b>Résultats</b> .....	174
<b>Conclusion</b> .....	177
<b>IV. - La pisciculture en eau salée</b> .....	177
1° <i>Quelques expériences réalisées dans le monde</i> .....	178
2° <i>Elevage en eau de mer dans le Roussillon</i> .....	180
1) <b>Essais d'adaptation au cours de l'hiver 1972-1973</b> .....	181
a) Origine des truites .....	181
b) Conditions d'expérience .....	181
c) Résultats .....	182
2) <b>Essais d'adaptation au cours de l'hiver 1973-1974</b> .....	186
a) Conditions d'expérience .....	186
b) Résultats .....	188
3) <b>Essais d'adaptation du mois de mars 1974</b> .....	188
a) Conditions d'expérience .....	189
b) Résultats .....	189
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	191
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	193



## INTRODUCTION

La présence de truites et de saumons en Méditerranée a toujours été considérée comme étant extrêmement rare. Si MOREAU décrit et localise, dans son *Histoire naturelle des Poissons de France* (1881), la truite de mer dans la Meuse, la Seine et la Loire lorsqu'elle remonte en eau douce pour frayer, il ne la mentionne dans aucun fleuve côtier se déversant en Méditerranée. Dans le supplément à cette édition, paru dix années plus tard, ce même auteur cite le docteur COMPANYO qui, dans son *Histoire naturelle des Pyrénées-Orientales*, parle de « l'entrée accidentelle de saumons dans la Méditerranée » ; des pêcheurs auraient pris en 1877 ou 1878 sur la côte de Sète un poisson inhabituel de ces lieux. S'agissait-il d'un saumon commun, d'une truite de mer, d'une forelle argentée ? La première supposition semble la plus juste puisque le professeur GERVAIS aurait tenté un an auparavant d'acclimater des *Salmo salar* dans l'Hérault. MOREAU relate également de nouvelles captures pendant le mois de mai 1882 : trois « saumoneaux » pêchés à Sète, le premier sur les rochers du Lazaret, les deux autres à l'entrée du port. Ils mesuraient de 243 à 248 mm et furent identifiés à *Salmo salar*. L'auteur n'émet aucune hypothèse quant à leur origine ; cependant, FAGE (1912) pense qu'ils pourraient provenir d'alevins placés en 1879 dans le Lez, à 12 km en amont de Montpellier.

En 1897, dans une étude sur les étangs saumâtres du Midi de la France, GOURRET note la présence dans l'étang de Berre de truites *fario* et de saumons communs venant, pense-t-il, du déversement de Roquefavour et Realtort, dérivés de la Durance. Il signale également dans la partie la moins salée de l'étang de Campagnol, près de Bages, quelques très rares truites *fario* ainsi que des truites de mer dont il estime la présence tout à fait exceptionnelle dans ces eaux plus salées.

De son côté, FAGE affirme, en 1912, que les truites sont absentes sur presque tout le littoral méditerranéen bien que nombreuses partout en France et que les saumons n'y sont jamais rencontrés. Il entend par « saumon » les Salmonidés passant une partie de leur existence en mer, c'est-à-dire non seulement les véritables saumons mais aussi les truites migratrices. Pourtant, dans la nuit du 24 au 25 mai 1890, un « quinnat », ou saumon de Californie (*Oncorhynchus quinnat*), de 213 mm était repêché dans la baie de Banyuls-sur-Mer : il provenait vraisemblablement de l'Aude où avaient lieu des essais d'acclimatation qui, d'ailleurs, furent voués à l'échec.

Depuis cette date, l'existence de Salmonidés en Méditerranée était considérée comme douteuse ; DOTRENS indiquait encore en 1951 l'absence de truites dans cette mer. Ce n'est qu'à partir de 1957 qu'AUDOUIN et MAURIN purent recueillir des informations orales de la part de pêcheurs qui avaient eu la surprise de capturer des truites, soit à la ligne au Grau-du-Roi, soit au chalut à l'embouchure du Tech en Roussillon ; ces auteurs purent observer eux-mêmes certaines captures dans le golfe du Lion ; ce fut le cas en 1958 pour six prises réalisées en avril et mai dans l'étang de Bages, le canal de Sète, en mer au large de Villeroy près de Sète et à 7 milles de la côte par 45 m de fond au large de Palavas. Ces faits se renouvelèrent les années suivantes : en mai 1959, un poisson identique est pris dans l'étang de Thau ; en mai et juin 1962, de nouvelles captures sont signalées par MAURIN dans les ports de Sète et de Mourepiane (près de Marseille) ainsi qu'au large de Valras.

Comme nous le verrons dans cette étude, ces Salmonidés argentés présentent tous des caractères externes à peu près semblables. Ils fréquentent maintenant chaque année au printemps les embouchures des rivières et des fleuves, les étangs salés et la zone littorale maritime.

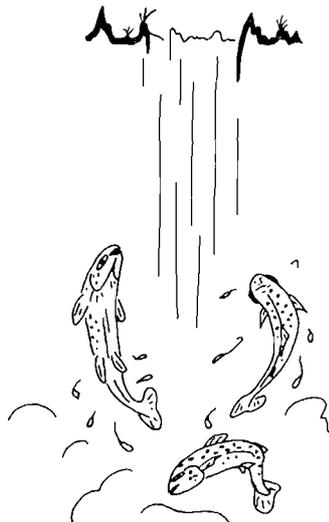
La présence de ces poissons nous a amené à nous poser trois questions :

de quels poissons s'agit-il exactement ?

dans quelle mesure est-il possible de provoquer artificiellement cette adaptation naturelle au milieu marin ?

quels seraient les avantages éventuels d'une telle adaptation ?

Notre but est de tenter ici de répondre à ces trois questions.



## PREMIERE PARTIE

### DETERMINATION DES ESPECES

Du point de vue de la Systématique, les Salmonidés font partie du super-ordre des Téléostéens et plus précisément de l'ordre des Clupéiformes, du sous-ordre des Salmonoïdes, de la famille des Salmonidés et de la sous-famille des Salmoninés. Parmi les genres appartenant à cette sous-famille, le genre *Salmo* comprend à la fois des truites et des saumons. Si cette partie de la classification a été rarement remise en cause, une grande confusion a régné pendant longtemps à partir du niveau des genres, de nouvelles observations venant sans cesse la bouleverser. Les systématiciens ont eu souvent tendance à diviser les genres en de nombreuses espèces en se basant sur de légères différences morphologiques observées sur un très petit nombre d'individus, voire sur un seul individu. Appliquant cette méthode, GÜNTHER (1866) décrit 52 espèces dans le seul genre *Salmo*. Depuis, une abondante littérature fut consacrée à la systématique des Salmonidés où la plus grande diversité peut être notée. Cette diversité tient au caractère adaptatif très marqué des représentants de cette famille. A l'heure actuelle, comme le fait remarquer GRASSÉ (1958), le problème de la différenciation des espèces n'est pas résolu et leur séparation repose encore souvent sur des caractères essentiellement variables.

Si certains auteurs ont créé ainsi une multitude d'« espèces », la tendance actuelle est au regroupement. Les caractères héréditaires servent maintenant de base à toute classification. Comme le précise VIBERT (1961), ils font partie du patrimoine génotypique et seule une mutation consécutive au hasard peut faire varier ce patrimoine héréditaire. Celui-ci ne devrait donc pas être sous la dépendance de l'environnement. Pourtant, les faits sont là qui le prouvent et, nous le verrons dans cette étude, il peut y avoir, dans certains cas, superposition de l'action de l'environnement à celle de l'hérédité.

FROST et BROWN (1967), citant l'exemple des œufs de truite de mer fertilisés par la laitance de truite de rivière et vice-versa et donnant une progéniture féconde, proposent donc de reprendre la vieille définition de « l'espèce » : « Un groupe d'individus pouvant se reproduire entre eux et donner une descendance fertile ». De ce fait, en accord avec REGAN et GRASSÉ, ils réunissent toutes les truites européennes (truites de mer, de rivière, de lac, etc.) en une seule espèce : *Salmo trutta*. Ainsi, dans le genre *Salmo* LINNAEUS 1758 on distingue actuellement en Europe cette espèce *Salmo trutta* L. comprenant des truites d'eau douce et des truites anadromes, c'est-à-dire vivant en mer et effectuant des migrations de reproduction vers les eaux douces, et une deuxième espèce : *Salmo salar*, anadrome. Une troisième espèce est notée en Amérique du nord : *Salmo gairdneri* RICHARDSON (SCOTT et CROSSMAN, 1973) ; exportée dans différents pays du monde, en Europe notamment, elle comporte les truites arc-en-ciel dont il sera question dans ce travail.

BERG (1935) propose, en plus des unités géographiques et héréditaires que sont les espèces et les sous-espèces, des unités non géographiques mais héréditaires : les « races », sous-espèces (infraspecies) ou écotypes, qui transmettent généralement leurs caractères lors d'un changement de milieu. C'est le cas des races de truites du lac de Goktcha : *Salmo ischchan* infraspecies *danilewski* KESSLER, infraspecies *gegarkuni* KESSLER. Les races, à leur tour, comprennent des « biotypes » ou races de second ordre qui dépendent de certaines conditions écologiques telles

que la saison, la profondeur de l'eau, la nature des fonds, etc. Ainsi, la forme estivale de *Salmo ischchan* infraspecies *gegarkuni*, décrite par FORTUNATOV (1926) représente un biotype. L'auteur cite également des unités qui englobent de larges groupes d'individus présentant des caractères communs souvent instables, les « morphes ». Ce sont des formes non héréditaires, sans aire géographique d'habitat définie. Un simple changement dans l'environnement peut les renvoyer à leur état d'origine. Elles ne pourront donc transmettre héréditairement leurs caractères que si le milieu reste invariable. Ainsi, BERG considère la truite de rivière comme une morphe. Selon lui, la truite de mer *Salmo trutta* LINNÉ serait l'espèce originelle, se transformant selon l'habitat en truite « naine » de rivière, *Salmo trutta* morpha *fario* LINNÉ 1758, ou en truite de lac, *Salmo trutta* morpha *lacustris* LINNÉ 1758. Il conserve le terme de « variétés » pour les cas où il n'est pas possible de définir l'unité taxonomique inférieure qui se présente.

A l'intérieur de l'espèce *Salmo gairdneri* R., la classification est aussi complexe et contestée. Considérant l'extrême plasticité de l'espèce, certains auteurs tels NEEDHAM et GARD (1959) se refusent à accepter les sous-espèces. Des noms déterminés sont tout de même attribués aux truites selon leur habitat et leur comportement : « Rainbow trout », « Kamloops trout », « Steel-head trout », par exemple.

Nous chercherons dans la première partie de ce travail à déterminer les Salmonidés capturés en Méditerranée afin de savoir s'ils appartiennent à une espèce déjà existante ou s'ils forment entre eux une espèce distincte, une sous-espèce, une race ou une morphe.

Pour simplifier les choses, nous avons employé la nomenclature binominale lorsque nous voulons parler de l'espèce au sens large et la nomenclature trinominale lorsque nous voulons désigner une sous-espèce ou une « morphe » sans vouloir nous prononcer sur la valeur génétique de cette dernière.

## I. - Etude morphologique.

Tous les sujets capturés et transmis au laboratoire furent examinés en vue de leur détermination. Après avoir exposé les résultats obtenus par AUDOUIN et MAURIN (1958) sur les Salmonidés recueillis avant 1963, nous étudierons ceux pêchés après cette date.

### 1° Observations antérieures.

En 1958, AUDOUIN et MAURIN publièrent les premiers résultats de leurs observations. Grâce à la biométrie, ils établirent que tous les spécimens examinés par eux appartenaient à la même espèce et que vraisemblablement il en était de même pour les autres exemplaires pêchés en mer dans la région. En effet, aucune différence notable dans les proportions du corps n'apparaissait. Tout d'abord, fait essentiel, la longueur du maxillaire supérieur, le squelette, la forme de la nageoire caudale, le nombre des écailles, de branchiospines, la coloration, les amenèrent à penser qu'il s'agissait de truites et non de saumons. Mais ne pouvant trouver aucune similitude avec les truites de nos eaux douces, *Salmo trutta fario* et *Salmo gairdneri irideus*, ils attribuèrent ces poissons à l'espèce *Salmo trutta* de LINNÉ.

Cinq ans plus tard, MAURIN (1963) apporte des précisions sur l'origine de ces Salmonidés par l'examen d'individus capturés en 1962, porteurs d'une marque operculaire. Il s'agissait d'une part de truites *Salmo trutta fario* déversées par la Fédération des Pêches de la Drôme, au confluent du Rhône et de la Drôme, cinq à six mois auparavant, d'autre part d'exemplaires de *Salmo gairdneri irideus* libérés dans l'Orb, au lieu-dit « Bousquet d'Orb », six mois avant. Constatant cependant des différences morphologiques avec les espèces sédentaires vivant en rivière, l'auteur émet deux hypothèses : ou ce sont des truites habituellement sédentaires mais ayant changé d'aspect extérieur au cours de leur adaptation, ou bien ces poissons capturés proviennent d'œufs de truites danoises anadromes dont le caractère migrateur est bien connu. Il décide alors de procéder à des expériences d'adaptation de truites *Salmo trutta fario* et *Salmo gairdneri irideus* à la vie marine pour apporter une réponse à cette question. C'est dans cet esprit que nous avons poursuivi ces recherches.

2° *Observations nouvelles.*

1) *Origine des nouvelles captures.*

En 1964, deux Salmonidés sont pêchés en avril à Narbonne-plage et aux Cabanes-de-Fleury, tandis qu'en juin et septembre de l'année suivante trois individus sont pris dans le port de La Ciotat et dans la baie de Tamaris-sur-Mer. En 1966, c'est en mai et en octobre que la capture de deux poissons est signalée près de Marseille et à La Ciotat. En avril, mai et juin 1967, quelques individus sont recueillis près des Lecques, à Sausset-les-Pins, dans l'étang de Thau face à Balaruc et en mer, au large de Sète, de Frontignan et de Marseille.

Quelques nouveaux individus sont capturés en avril, juin et octobre 1968 au large de Sète et de Port-la-Nouvelle, puis en 1969 dans l'étang de Thau (devant Bouziques) et en mer au large de Sète et de Valras.

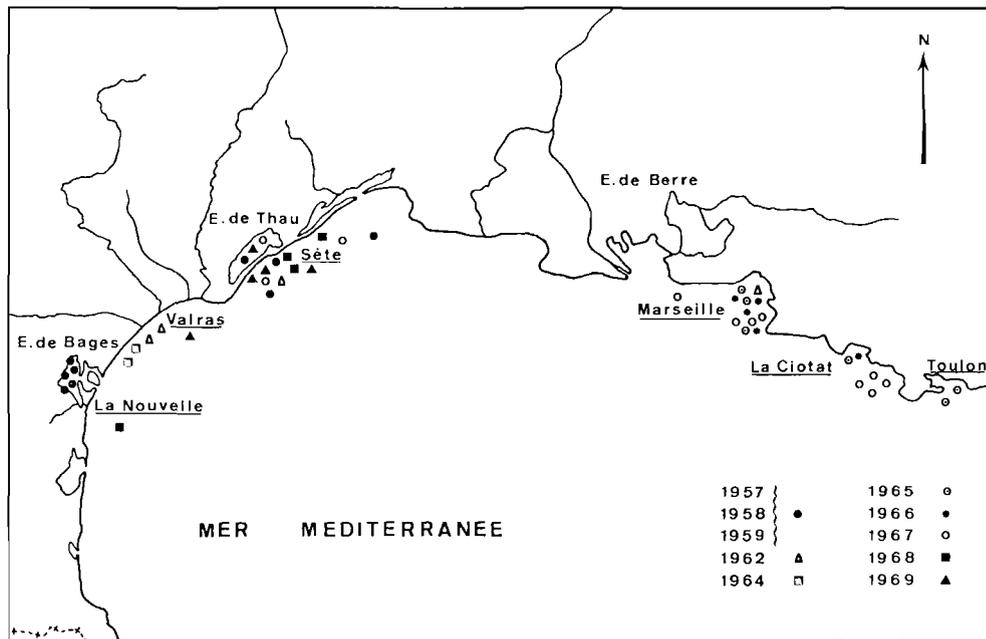


FIG. 1. — Répartition des captures de Salmonidés en Méditerranée de 1957 à 1969 (LANDREIN, 1973).

D'une manière générale, les pêcheurs de Sète interrogés affirment avoir souvent ramené des « truites argentées » dans leurs filets, particulièrement lors des pêches de maquereaux au printemps et en été. De plus, mais nous n'avons pas pu contrôler cette information, un pêcheur aurait pris dans la région marseillaise plus de 30 « truites » au cours des années 1964, 1965 et 1966.

Ainsi, comme on peut le constater sur la carte (fig. 1), ces Salmonidés sont capturés en général près de l'embouchure des cours d'eau, dans les ports et dans les régions côtières. Aucune prise n'a été effectuée au-delà d'un mille et demi des côtes ni au-dessous de 50 m de profondeur.

Le diagramme des pourcentages de prises selon l'époque (fig. 2) montré par ailleurs que ces poissons fréquentent chaque année les eaux salées en avril, mai et juin, époque des migrations de la truite de mer dans les pays nordiques. Les captures, en dehors de cette période, sont rares et, lorsqu'elles existent, ont lieu en juillet et en automne.

## 2) Résultats des marquages.

Parmi les Salmonidés pêchés, quatre étaient porteurs d'une marque operculaire dont l'origine fut retrouvée.

a) Le poisson pris au filet dans la baie de Tamaris-sur-Mer le 4 septembre 1965 provenait d'un déversement ayant eu lieu dans l'Arve près de Cluses en Haute-Savoie le 16 octobre de l'année précédente (il avait donc parcouru plus de 600 km) ; il s'agissait d'une authentique truite de rivière : *Salmo trutta fario*.

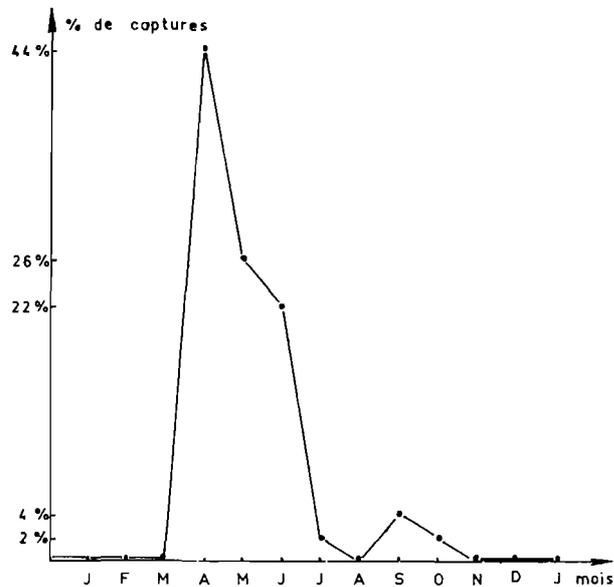


FIG. 2. — Pourcentage des captures selon l'époque.

b) Le 30 avril 1967, un spécimen entièrement argenté, accompagné de cinq ou six autres identiques non marqués, était capturé près des Lecques. C'était une truite *Salmo trutta fario* déversée le 15 novembre 1966 dans la Galaure, affluent rive gauche du Rhône.

c) La « truite de mer » prise au filet trémail le 10 mai 1967, au sud de Sausset-les-Pins, avait été lâchée le 26 mars 1966 dans le Cholet, affluent de la Drôme. C'est également une *Salmo trutta fario*.

d) A la Pointe Rouge, un poisson semblable au précédent était pêché le 10 juin 1967. Il faisait partie d'un lot de *Salmo trutta fario* déversé dans la Galaure en novembre 1966.

Ces quatre « truites de mer » ayant quitté leur milieu habituel pour aller fréquenter les eaux marines étaient donc des truites communes de rivière : *Salmo trutta fario*. En est-il de même pour les autres Salmonidés trouvés en mer ces dernières années ? C'est pour répondre à cette question que nous en avons entrepris l'étude morphologique en nous basant sur les critères établis par OTTERSTRÖM pour différencier les truites des saumons, et en les comparant à d'autres individus d'espèces ou de variétés connues afin d'en compléter la détermination.

## 3) Description morphologique des individus observés mais non marqués.

La distinction entre un saumon et une truite est délicate surtout lorsqu'il s'agit de sujets jeunes. Aussi, pour avoir l'assurance d'une bonne séparation, est-il nécessaire d'étudier plusieurs

caractères et de ne conclure que si tous concordent. Les poissons recueillis ont donc subi un premier examen morphologique portant sur quatre principaux caractères (fig. 3).

*Longueur du maxillaire supérieur.* Chez les spécimens on retrouve le caractère fixé par OTTERSTRÖM (1935) pour les truites : l'extrémité postérieure du maxillaire dépasse la verticale tangente à l'arrière de la pupille alors qu'elle ne l'atteint pas chez les saumons.

*Ecailles.* Pour nos poissons comme pour les truites, elles sont de petite taille, leur nombre variant de 14 à 19 sur la rangée allant de la nageoire adipeuse à la ligne latérale. Elles sont plus grandes chez le saumon puisque, chez celui-ci, leur nombre se situe entre 11 et 15.

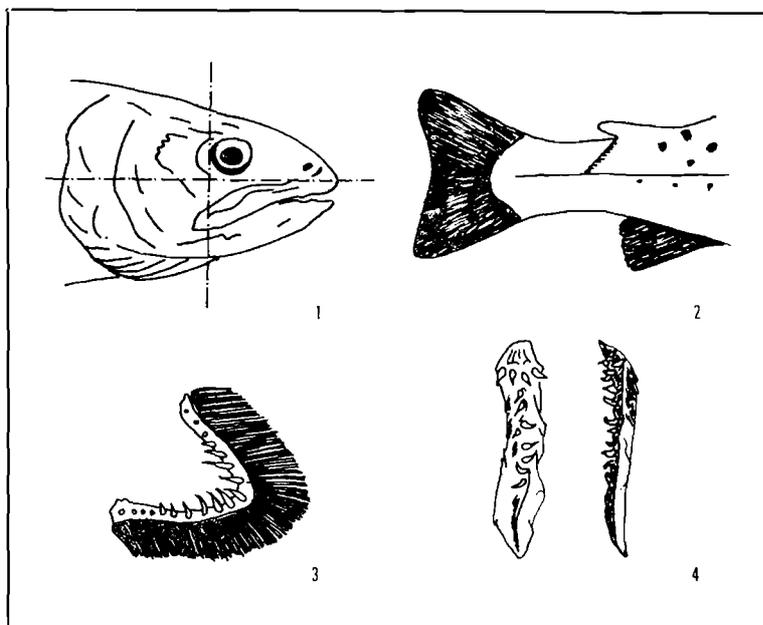


FIG. 3. — *Truites capturées en mer* : 1, longueur du maxillaire supérieur par rapport à la position de l'œil ; 2, nombre d'écailles ; 3, arc branchial ; 4, vomer.

*Branchicténies.* L'examen de notre matériel montre une organisation branchiale semblable à celle rencontrée chez les truites ; les branchicténies sont relativement longues et pointues au milieu de l'arc, très petites et à peine visibles sur les extrémités. Chez le saumon, par contre, elles ont la même forme longue et pointue tout au long de l'arc branchial.

*Vomer ou os palatin.* Leur vomer présente un chevron triangulaire, porteur dans sa partie postérieure d'une rangée transversale de 2, 3 ou 4 dents. Le corps, ou partie arrière du vomer, est hérissé de 1 à 8 dents en arrière de la rangée transversale. La répartition de ces dents sur le chevron est celle observée chez les truites. En effet, pour les saumons, la partie antérieure, ovale ou pentagonale, n'est pas dentée alors que la partie postérieure est armée de pièces disposées transversalement et longitudinalement.

De l'examen de ces caractères, il résulte que tous les poissons non marqués recueillis en mer par les pêcheurs sont des *truites*.

Il paraît néanmoins indispensable de les situer plus exactement dans la systématique. Aussi examinerons-nous tour à tour les différentes espèces et morphes de truites, tant du point de vue de la morphologie que de l'écologie, afin de les comparer aux spécimens capturés.

a) *Salmo gairdneri*.

Appelée en France *Salmo gairdneri* RICHARDSON ou *Salmo irideus* GIBBONS selon les auteurs, elle est le résultat de l'importation en Europe, dès 1880, de plusieurs souches de truites améri-

caines. Parmi celles-ci, certaines sont sédentaires telles la forme continentale de *Salmo gairdneri* R., la « Rainbow trout » ou truite arc-en-ciel, originaire des cours d'eau côtiers du sud de l'Alaska, de l'Orégon et de la Californie, la *Salmo shasta* JORDAN du Mont Shasta dans la Sierra Nevada et la *Salmo lewisi* GIRARD du Missouri. D'autres, en revanche, vivent dans les eaux moins fraîches des estuaires, migrent vers la mer et ne remontent les cours d'eau que pour se reproduire ; il s'agit des truites à tête d'acier ou « Steelhead trout », formes migratrices de *Salmo gairdneri* R. Au cours de leur élevage artificiel, les souches ont été mélangées et il n'est plus possible de les différencier. A l'heure actuelle, les Américains désignent simplement les sédentaires du nom de « Rainbow trouts » et celles qui partent vers la mer, de celui de « Steelhead trouts ».

L'emploi de ces deux dénominations ne doit pas, cependant, mener à la séparation en deux espèces distinctes comme cela fut souvent fait en tenant compte du nombre d'écaillés de la ligne latérale. En effet, MOTTLEY (1934) a montré que ce nombre change selon la température de l'eau dans laquelle se développent les œufs. Par ailleurs, cet auteur a remarqué qu'à l'intérieur d'un même lot de truites arc-en-ciel, certaines partent vivre en eau salée alors que les autres restent définitivement en eau douce. Cette truite est facilement domestiquée ; elle est un sujet de choix pour la pisciculture du fait de sa bonne accoutumance à la nourriture artificielle et de sa croissance rapide. Ainsi, HUET (1970) signale qu'un sujet de 100 g âgé d'un an atteint en général 250 à 300 g à 2 ans. DOTRENS (1951) cite le cas, plus exceptionnel, de truites arc-en-ciel élevées dans un étang et pesant 700 g à l'âge de 2 ans. A cette qualité pour l'élevage, ce poisson en ajoute une autre, l'eurythermie : il peut vivre à des températures atteignant 25° C (CALDERON, 1965), mais fréquente plus volontiers des eaux de 15 à 18° C. De plus, il a des besoins en oxygène inférieurs à ceux des truites de rivière *Salmo trutta fario* et paraît plus résistant aux maladies.

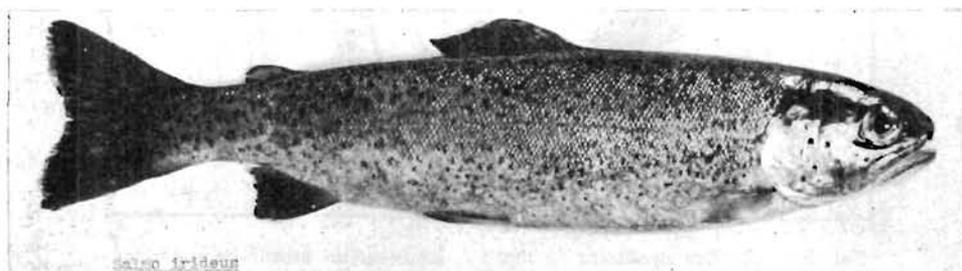


FIG. 4. — *Salmo gairdneri irideus* : truite arc-en-ciel.

Nos observations morphologiques ont porté sur des *Salmo gairdneri irideus* provenant d'une part de la pisciculture de la Fédération départementale des Associations de Pêche et de Pisciculture de l'Hérault au mas de Mérou à Lodève, d'autre part de celle d'Usson-les-Bains dans l'Aude.

L'examen de ces truites arc-en-ciel (fig. 4) montre une certaine stabilité des caractères distinctifs parmi les divers lots. De forme trapue, la tête relativement petite, le museau arrondi, le dos vert foncé ou brun-olivâtre, le ventre gris-jaune, elles se différencient aisément des autres espèces par la présence sur les flancs d'une ligne latérale qui offre des reflets irisés bleus, roses, mauves, violets. Les ponctuations noires marquant la robe sont nombreuses sur tout le corps ; elles sont cependant plus petites au-dessous de la ligne latérale que sur le dos. Les nageoires dorsale, adipeuse, anale et caudale, d'une couleur jaunâtre foncée, sont également pourvues de ponctuations de ce type.

b) *Salmo trutta* LINNÉ.

La description morphologique de cette espèce est plus complexe que pour *Salmo gairdneri irideus* car elle se manifeste sous différentes formes selon l'habitat et les mœurs des poissons. Nous étudierons successivement la truite de rivière (*Salmo trutta fario*), la truite de lac (*Salmo trutta lacustris*) et la truite de mer (*Salmo trutta marina*).

*Truite de rivière.*

La truite de nos cours d'eau est européenne. Elle affectionne particulièrement les eaux pures et très oxygénées dont la température ne dépasse pas 18 à 20° C (optimum de 9 à 12° C). Elle est carnivore mais très délicate quant à sa nourriture et apprécie peu l'alimentation artificielle ; sa croissance est donc moins rapide en pisciculture que celle de la truite arc-en-ciel. D'après RAVERET-WATTEL (1914), une truitelle moyenne pèserait 50 g à 1 an et 90 à 125 g à 2 ans. Mais ces chiffres ne sont qu'indicatifs puisqu'ils varient, selon le milieu, dans des proportions très importantes.



FIG. 5. — Pêche électrique réalisée au barrage de La Salvetat.

Ainsi que nous l'avons vu, la grande diversité qui règne à l'intérieur même de cette forme a souvent amené les systématiciens à grouper les poissons de certaines régions soit en « espèces » locales, soit en « races ». Nous donnerons ici la description des truites que nous avons pu nous procurer : truites sauvages provenant de pêches électriques réalisées par la



FIG. 6. — *Salmo trutta fario*: truite de rivière (Huet, 1970).

Fédération des Pêches de l'Hérault au barrage de la Salvetat (fig. 5), au Saut de Vézoles et à Lunas, truites d'élevage originaires des piscicultures du Vigan dans le Gard et d'Usson-les-Bains dans l'Aude. Ces poissons ont en général un corps souple et fin, une tête large et forte terminée par un museau arrondi (fig. 6 et 7). La tête et le dos sont vert foncé, olivâtres, les flancs s'éclaircissent jusqu'au ventre qui est gris-jaune. De nombreuses ponctuations noires ornent le dessus de la tête, le dos, les opercules, les flancs autour de la ligne latérale ; elles sont plus rares au-dessous de cette dernière. La nageoire dorsale est semée de taches rondes

et noires, ainsi que de points rouges. Ceux-ci se retrouvent d'ailleurs de façon très caractéristique tout au long de la ligne latérale et dans son voisinage, avec une coloration plus ou moins foncée allant du jaune au rouge selon les lots. L'adipeuse, de couleur brune, possède dans la plupart des cas une tache rouge ou orange et la caudale est souvent bordée dans sa partie supérieure d'un liseré de même teinte. Les autres nageoires sont grisâtres. Malgré leurs origines diverses, les différentes populations de truites examinées étaient assez semblables ; la seule distinction qui fut faite résidait dans l'intensité de la coloration générale et dans la répartition des ponctuations.



FIG. 7. — Truite arc-en-ciel et truite de rivière.

#### *Truite de lac.*

Considérée selon les auteurs, soit comme une espèce particulière, soit comme une sous-espèce de *Salmo trutta* ou encore une variété de *Salmo trutta fario*, la truite de lac présente des aspects très variés selon le lac dans lequel elle vit. Ces variations sont telles que GÜNTHER (1866), examinant les très grosses truites provenant des grands lacs du nord de l'Écosse, d'Angleterre, du Pays de Galles et d'Irlande, créa une espèce, *Salmo ferox*. Il se basait sur les proportions relatives du corps et, ce faisant, détacha ce groupe d'individus de *Salmo trutta*. Cette différence morphologique n'est qu'apparente car, lorsqu'une truite se développe fortement en taille et en poids, son museau s'allonge et l'œil peut paraître relativement plus petit. On sait d'ailleurs que de nombreux caractères évoluent au cours de la vie. Le fait que les truites de lac, comme celles de rivière, soient considérées comme de simples morphes de l'espèce *Salmo trutta* se trouve confirmé par la rapide transformation morphologique de truites de rivière qui, élevées dans des étangs riches en nourriture, leur deviennent absolument semblables. Il faut préciser cependant que dans certains cas, l'appellation de truite de lac est également donnée à des salmonidés argentés issus de déversements de *Salmo gairdneri irideus* (lac du Mont Cenis en Savoie, par exemple).

Bien que passant toute sa vie en eau douce, la truite de lac est migratrice ; elle effectue, pour se reproduire, des déplacements vers les rivières d'où les jeunes reviennent à l'âge de 1, 2 ou 3 ans. Elle peut vivre de nombreuses années et atteindre des tailles impressionnantes. Dans le lac de Constance, un individu de 120 cm pesant 23,300 kg fut pris ; il devait avoir à peu près 13 ans. En 1876, une truite fut capturée au large de Thonon ; elle mesurait 126 cm et pesait 26 kg. Ce sont là des cas extrêmes.

Les truites de lac que nous avons pu observer ont été pêchées près de Thonon-les-Bains dans le lac Léman. Elles sont entièrement argentées et montrent sur la robe quelques ponctuations

noires faiblement marquées. Ces ponctuations sont plus visibles chez les sujets plus âgés, c'est-à-dire plus proches de la période de reproduction.

#### *Truite de mer.*

En Europe on la rencontre surtout dans les eaux suédoises où les plus beaux spécimens proviennent des rivières Em et Mörrum. Elle vit également dans les eaux finlandaises, islandaises, norvégiennes, danoises, écossaises, anglaises et irlandaises. En France, la mer du Nord, la Manche, les côtes bretonnes, l'estuaire de la Loire abritent quelques populations de truites de mer. Nombreux furent ceux qui comparèrent ces dernières aux saumons en raison de leur caractère anadrome. La ressemblance entre la truitelle de mer et le petit saumon du même âge est en effet assez caractéristique ; ils grandissent selon le même rythme pendant leur séjour en eau douce et ce n'est qu'à partir de la première migration vers les eaux marines que des différences morphologiques apparaissent nettement. Ainsi, au cours des années, la truite de mer s'est-elle vue attribuer les noms les plus variés ; DERRION (1964) en donne quelques exemples : forelle argentée (CUVIER et VALENCIENNES, 1828), *Trutta argentea* (BLANCHART, 1866), *Salmo trutta* (GÜNTHER, 1880), *Trutta marina* (RAVERET-WATTEL, 1900), *Salmo trutta* (TAVERNER), *Salmo marinus* (DUHAMEL), *Trutta marinus* (DUHAMEL), *Salmo trutta trutta* LINNÉ, *Salmo trutta marina*. Certains ont tenté de la rapprocher soit de *Salmo trutta fario* dont la race danoise migre dans les eaux nordiques, soit de *Salmo gairdneri* à cause de la souche américaine migratrice. DERRION, parlant uniquement des truites de mer de l'embouchure de la Canche, fleuve côtier se jetant dans la Manche au niveau d'Étaples, repousse l'hypothèse de l'origine américaine de ces poissons en invoquant le fait que la présence de truites de mer dans cette région est antérieure à l'introduction en France des truites arc-en-ciel.

La vie de *Salmo trutta marina* débute dans les cours d'eau où elle se poursuit pendant un temps que l'on ne connaît pas exactement. Lorsque approche l'époque de la migration, des modifications s'opèrent à différents niveaux. Tout d'abord, l'aspect général de la truite se transforme à la suite d'un dépôt de guanine sur les écailles donnant au poisson son aspect argenté caractéristique. Mais les changements les plus importants sont d'ordre physiologique. Ils apparaissent au niveau endocrinien : glande pituitaire, thyroïde, gonades et tissu rénal. Au printemps, le départ de cette migration est déclenché par la conjonction de nombreux paramètres tels que la température, le pH, la luminosité, les vents, les courants et surtout par l'ajustement des divers métabolismes du système nerveux et du système endocrinien. Ainsi, pour SCOTT (1969), l'augmentation de la luminosité due à l'allongement des journées au printemps agit sur la glande pituitaire. Celle-ci, par l'action des hormones secrétées, stimule les fonctions des autres glandes qui provoquent à leur tour la « smoltification », accroissent l'activité motrice et suscitent le mouvement de migration. La biologie des truites en mer est mal connue. On sait toutefois que leur croissance y est rapide et la mortalité importante. A ce stade, et selon le même auteur, 20 % seulement des poissons survivraient et reviendraient en rivière. Ce retour se fait à la fin de l'été après un séjour dans les eaux marines d'une durée de quelques mois à 2 ou 3 ans. Remontant alors les cours d'eau, les individus matures s'y reproduisent tandis que les jeunes hivernent sans frayer. Généralement, les adultes reviennent en eau douce chaque année pour se reproduire pendant 7, 8 et même 10 ans. Ils se nourrissent aussi bien en remontant vers les frayères qu'en redescendant vers la mer. D'après PHELIPOT (1971), les truites de mer de Bretagne ont un poids moyen compris entre 200 g et 1 kg et ne dépassent guère 2,5 kg. Celles de Normandie et du Pas-de-Calais, par contre, atteignent 5 kg. Dans d'autres pays, les poids sont plus importants : en Angleterre et en Suède en particulier, où il n'est pas rare que des pêcheurs ramènent des spécimens de 10 à 14 kg. En Norvège, le musée de Troudhem expose un individu de 20 kg, alors qu'en mer Caspienne a été pêchée une truite de 1,40 m pesant 50 kg.

L'instinct migrateur de ces poissons, en partie comparable à celui du saumon, est entièrement dépendant des conditions de l'environnement. Il peut disparaître si un obstacle empêche la migration vers la mer ; les truites se développent et se reproduisent alors en eau douce de la même manière que des truites de rivières sédentaires. Les expériences de DAY (1887) montrent que leur apparence morphologique est identique à l'âge de 3 ans à celle de ces dernières, leur taille restant celle des *Salmo trutta fario* et n'atteignant plus celle des truites migratrices témoins.

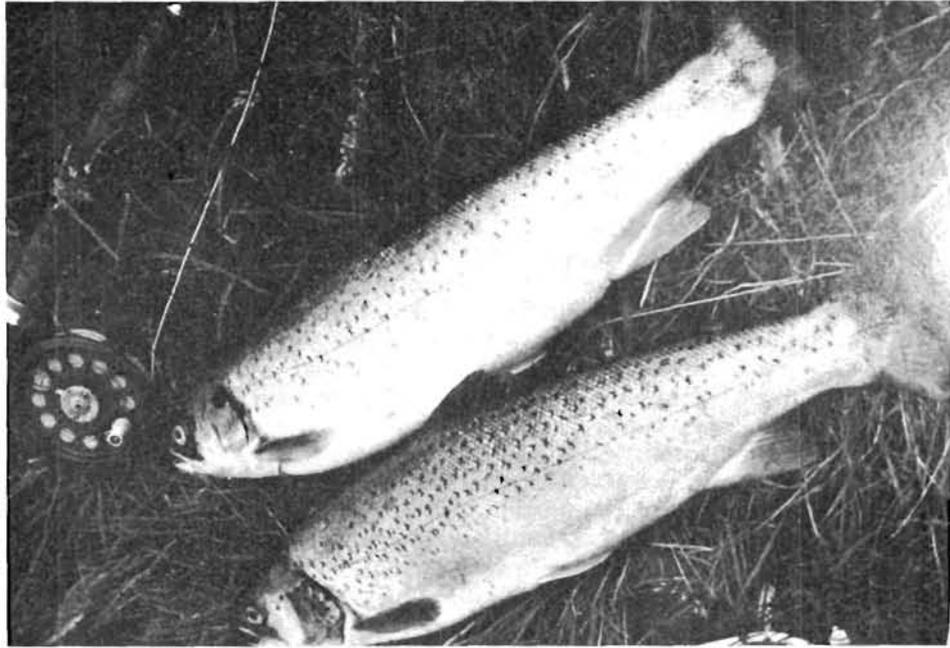


FIG. 8. — *Truite de mer* (OGLESBY, 1969).

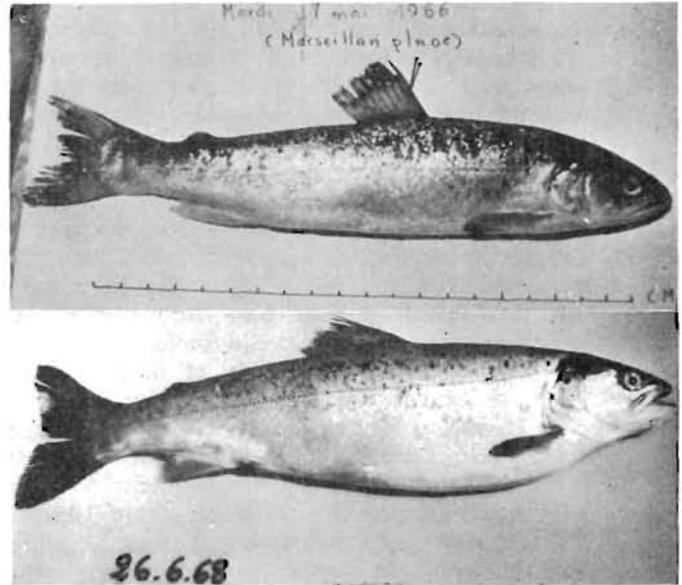
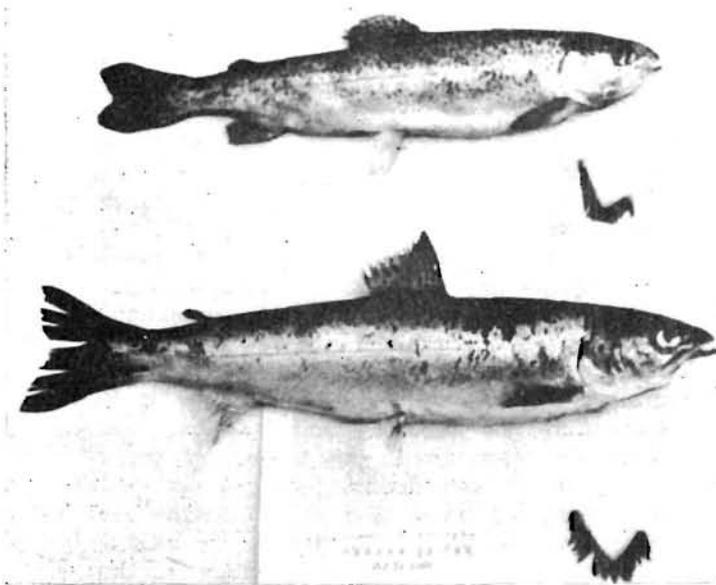


FIG. 9. — (À gauche) *Salmonidé* capturé comparé à une *truite arc-en-ciel*. FIG. 10. — (En haut, à droite) *Truite* capturée en mer en mai 1966. FIG. 11. — (En bas, à droite) *Truite* capturée en mer en juin 1968.

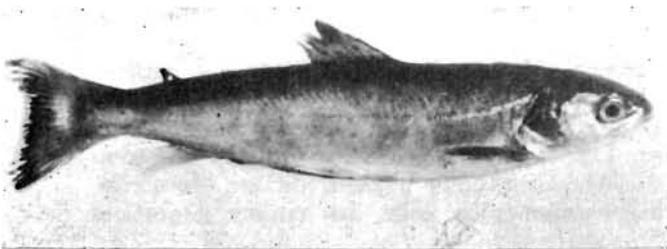


FIG. 12. — *Truite* capturée dans l'étang de Thau en mai 1969.

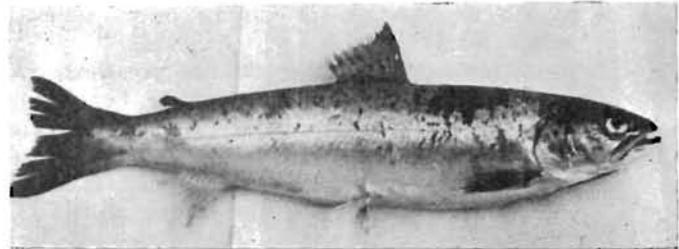


FIG. 13. — *Truite* capturée en mer en juillet 1969.

Les truites de mer qui ont déjà effectué une migration ont le corps entièrement argenté. le dos d'une teinte gris-acier légèrement argenté, la tête plus ou moins allongée, portant quelques ponctuations noires très inégalement réparties (fig. 8). Présentes sur la nageoire dorsale, elles sont absentes sur l'adipeuse et la caudale et très rares au-dessous de la ligne latérale. Les flancs argentés sont d'une belle couleur bleutée devenant d'un blanc nacré sur le ventre. Les nageoires, en général transparentes ou légèrement jaunâtres, sont plus fortes que chez les autres truites.

c) Truites capturées en milieu marin.

Ces truites ont en général le dos bleu, bleu-gris ou gris, recouvert de petites écailles argentées, les flancs de teinte plus claire, voire blancs et souvent argentés ; le ventre est brillant d'un blanc nacré. Une ligne très fine barre les flancs et des ponctuations noires recouvrent, en nombre très variable, le dessus de la tête, le dos, les opercules, les nageoires dorsale et adipeuse. Elles deviennent rares au-dessous de cette ligne latérale et peuvent, chez certains individus, être présentes sur la caudale. L'adipeuse, dans certains cas, porte une tache ou un liseré rougeâtre plus ou moins foncé et la dorsale un liseré jaune. Les pectorales et les ventrales sont souvent légèrement teintées de jaune ou de rose (fig. 9, 10, 11, 12 et 13).

Puisqu'il n'est pas possible de dresser un portrait-type pour l'ensemble des poissons capturés, nous les avons considérés individuellement, en essayant de mettre en évidence un ou plusieurs éléments caractéristiques d'une des espèces ou une des morphes précédemment décrites. Cet examen a permis la détermination de deux Salmonidés.

Il s'agit tout d'abord de celui pêché dans l'étang de Thau le 20 mai 1967. Sa robe est entièrement argentée, le dos et les flancs sont relativement foncés, d'un bleu-vert irisé, constellés de nombreuses ponctuations noires présentes également sur la nageoire caudale ; la ligne latérale est fine et marquée de taches violet foncé. A cause de la présence des irisations latérales et des points sur la caudale, nous avons classé ce poisson parmi les truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus*.

Vient ensuite le poisson capturé dans le port de Sète le 2 juin 1969. L'aspect général est celui de la truite de mer : entièrement argenté, dos bleuté, ventre blanc, points noirs répartis sur la tête, le dos et la ligne latérale ; la chair est très saumonée. L'observation de ses nageoires nous a permis de considérer ce poisson comme une truite de rivière : *Salmo trutta fario*. En effet, sa première dorsale porte des taches jaunes, tandis que l'adipeuse est bordée de rouge ; la caudale n'est pas ponctuée.

Il n'a pas été possible de préciser, d'après la coloration et la répartition des ponctuations, la nature exacte des autres captures. Il a donc fallu examiner d'autres caractères. Deux d'entre eux sont généralement pris en considération pour la différenciation des deux espèces *Salmo gairdneri* et *Salmo trutta*. Il s'agit en premier lieu du nombre d'écailles situées sur la ligne latérale, en second lieu de la position relative de la nageoire dorsale.

Le nombre d'écailles est difficile à évaluer avec exactitude et surtout n'est pas une caractéristique suffisamment stable. LOZANO REY (1947) le montre en citant des écarts de 17 écailles (de 123 à 140) dans un même lot de truites arc-en-ciel en Espagne selon le sexe des poissons examinés. Or, l'espèce *Salmo trutta* est souvent caractérisée par un nombre inférieur à 135, et *Salmo gairdneri* par un nombre supérieur à 135. L'auteur remarque que ces variations peuvent se présenter en fonction du sexe, de l'âge et du milieu. Pour ce qui est de la position de la nageoire dorsale, il indique que, chez la truite arc-en-ciel, l'origine de celle-ci est située à égale distance entre le centre de l'œil et un point situé en arrière de la base de la nageoire adipeuse. Chez *Salmo trutta*, la dorsale part d'un point qui se place à égale distance entre le centre de l'œil et la base de l'adipeuse. Nous avons donc repris les mensurations relevées sur les truites au moment de leur capture ainsi que celles des 50 *Salmo gairdneri irideus* et des 50 *Salmo trutta fario* étudiées à cette époque.

Ces données figurent sur le tableau 1. Précisons que :

*LT* représente la longueur totale de l'individu, du bout du museau à l'extrémité de la caudale ;

*p.O.*, la longueur comprise entre le bout du museau et le bord antérieur de l'orbite ;

$\emptyset$  œil, le diamètre de l'œil ;

*p.D.*, la longueur du bout du museau à la base du premier rayon de la première nageoire dorsale ;

*p.ad.*, la longueur du museau à l'origine de la deuxième nageoire dorsale ou adipeuse ;

*R (1)*, la distance comprise entre le centre de l'œil et la base du premier rayon de la dorsale ( $R (1) = p.D. - p.O. - \frac{1}{2} \emptyset$  œil) ;

*R (2)*, la distance comprise entre les nageoires dorsale et adipeuse ( $R (2) = p.ad. - p.D.$ ).

	LT	p.o	$\emptyset$ œil	p.D	p.ad.	R (1)	R (2)	R (1-2)	%	
A <i>Salmo gairdneri irideus</i>	1	255	10	10	113	182	98	69	29	11,4
	2	281	12	12	116	200	98	84	14	5,0
	3	202	10	10	84	134	69	50	19	9,4
	4	253	12	12	109	172	91	63	28	11,0
	5	256	13	10	108	184	90	76	14	5,5
	6	225	11	10	100	164	84	64	20	8,9
	7	221	11	11	98	160	81,5	62	19,5	8,8
	8	238	11	11	98	161	81,5	63	18,5	7,8
	9	223	11	10	99	162	83	63	20	9,0
	10	246	12	12	103	165	85	62	23	9,3
·									·	
·									·	
B <i>Salmo trutta fario</i>	1	177	6	7	71	125	61,5	54	7,5	4,2
	2	205	13	8	85	146	68	61	7	3,4
	3	217	15	8	92	158	73	66	7	3,2
	4	240	11	9	96	168	80,5	72	8,5	3,5
	5	214	11	9	86	151	70,5	65	5,5	2,6
	6	224	14	10	89	155	70	66	4	1,8
	7	205	12	9	82	147	65,5	65	0,5	0,2
	8	186	8	9	75	138	62,5	63	0	0
	9	194	13	9	80	140	62,5	60	2,5	1,3
	10	175	9	8	70	127	57	57	0	0
·									·	
·									·	
C Truites capturées	7	315	11	11	121	223	104,5	102	2,5	0,8
	8	247	15	9	100	173	80,5	73	7,5	3,0
	9	210	10	8	83	145	69	62	7	3,3
	10	191	9	9	77	129	63,5	52	11,5	6,0
	11	185	10	10	79	127	64	48	16	8,6
	12	291	13	10	111	204	93	93	0	0
	13	281	18	10	115	197	92	82	10	3,6
	14	294	16	10	115	209	94	94	0	0
	15	215	10	10	84	151	69	67	2	0,9
	16	217	10	9	90	156	75,5	66	9,5	4,4
17	178	8	8	76	130	64	54	10	5,6	
18	326	15	11	126	231	105,5	105	0,5	0,2	
19	205	10	10	88	139	73	51	22	10,7	

TABLE. 1. — Mensurations des truites.

Les résultats inscrits dans les deux dernières colonnes indiquent la différence entre *R (1)* et *R (2)* pour chaque individu par rapport à sa taille, en mesure et en pourcentage. Ainsi pour *Salmo gairdneri irideus* ce chiffre, évalué chez 50 individus, est compris entre 5,0 et 12,5 alors que pour *Salmo trutta* il est inférieur à 5,6. En nous reportant aux données obtenues pour les truites capturées, nous pouvons penser que les individus n<sup>os</sup> 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16 et 18 (tableau 1 C) appartiennent à l'espèce *Salmo trutta* tandis que les n<sup>os</sup> 10, 11 et 19

se rattachent à *Salmo gairdneri irideus*. L'individu n° 17 pourrait être considéré comme faisant partie de cette dernière espèce, mais le chiffre 5,6 est trop proche de la limite supérieure de l'intervalle trouvé pour *Salmo trutta* ; nous éviterons donc de classer ce poisson.

En conclusion, la truite pêchée dans l'étang de Thau le 20 mai 1967 et portant ici le n° 10 (tableau 1 C) réunit deux caractères morphologiques propres à *Salmo gairdneri irideus* : les ponctuations et l'emplacement de la nageoire dorsale. Celle capturée le 2 juin 1969 présente un caractère distinctif suffisamment précis pour la classer avec les *Salmo trutta fario*. En revanche, le seul critère basé sur l'emplacement de la nageoire dorsale n'est pas suffisant pour classer les autres poissons.

### **Conclusion.**

L'étude morphologique et le marquage n'ont permis de déterminer avec certitude que quelques-uns des Salmonidés pêchés dans les eaux marines de notre région. Il s'agit de truites de rivière *Salmo trutta fario* et de truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus* échappées des cours d'eau.

Ainsi, une grande diversité des caractères morphologiques à l'intérieur même des espèces apparaît nettement. Un simple changement dans le milieu suffit sans doute à entraîner une modification tant morphologique que biologique. Nous avons déjà vu que, de l'avis de certains auteurs, l'âge, l'habitat, l'état physiologique influent sur la coloration, la taille, les proportions relatives du corps. La longueur des nageoires peut varier également selon l'environnement ; ainsi les pectorales des truites vivant dans les eaux à fort courant sont plus courtes, plus fortes et plus rondes que celles des truites des eaux calmes. La caudale perd son échancrure chez les sujets âgés. Le nombre des rayons n'est pas fixe. GÜNTHER lui-même (1866), ayant trouvé des variations de deux rayons chez certaines « espèces » de Salmonidés, a considéré ce caractère comme trop instable pour pouvoir servir à la détermination des poissons de cette famille.

Le vomer, couramment utilisé comme critère de différenciation, peut, chez les espèces marines, perdre ses dents avec l'âge. GRASSÉ signale en 1958 qu'il peut également reprendre ses caractères juvéniles chaque année en période sexuelle.

Le nombre de vertèbres, souvent employé en systématique, ne peut pas l'être avec une garantie totale pour les truites. En effet, en 1959, NEEDHAM et GARD, décrivant neuf populations de truites arc-en-ciel de Californie et du Mexique, constatent des variations importantes de ce nombre ; celui-ci fluctue entre 57 et 66 vertèbres. De plus, à la suite des hypothèses formulées en 1919 par SCHMIDT et en 1926 par HUBBS, GARSIDE confirme par ses observations en 1966 la relation existant entre le nombre de vertèbres, la température à laquelle ont été maintenus les œufs pendant la période embryonnaire et le rythme de développement des poissons. Ainsi, des truites appartenant à l'espèce *Salmo gairdneri* gardées, aux premiers stades de leur vie, à 2,5° C, possèdent une moyenne vertébrale de 64,75, tandis que les truites élevées à 10° C fournissent un chiffre plus bas : 61,83. La diminution de cette moyenne accompagne un rythme de développement accéléré, lui-même causé par une température plus élevée.

Cette variabilité se présente pour de nombreux caractères. De ce fait, les méthodes de détermination des Salmonidés se basant sur la morphologie sont souvent l'objet de discussions. Nous avons donc fait appel à d'autres techniques susceptibles de nous aider à compléter cette étude. Il s'agit de la recherche des groupes sanguins et de l'électrophorèse des protéines sériques.

## **II. - Etude immunologique et biochimique.**

### **1° Historique.**

En 1875, LANDOIS remarque qu'un mélange « in vitro » de sang humain et de sang d'espèces animales différentes se traduit par une agglutination des érythrocytes. Plus tard, BORDET (1898) précise l'existence, dans le sérum, de substances particulières capables de provoquer ces agglutinations. En 1900, LANDSTEINER obtient le même résultat chez l'homme en mélangeant le sang

d'individus différents. Il découvre dans le sérum humain deux types d'agglutinines auxquelles correspondent des agglutinogènes fixés sur les hématies. La répartition de ces substances dans le sang caractérise le groupe sanguin de l'homme; sa transmission est héréditaire et se fait conformément aux lois de Mendel. On s'aperçoit alors que la fréquence des groupes varie selon les races.

Peu à peu, l'application de l'hémato-sérologie à l'étude des poissons se répand; l'information en résultant permet d'accroître les connaissances déjà acquises par les moyens traditionnels et d'ouvrir de nouvelles perspectives. Passant en revue les résultats déjà obtenus grâce aux techniques sérologiques pour la recherche sur les poissons, SINDERMANN (1961) définit les trois points principaux sur lesquels ils reposent :

a) les caractéristiques biochimiques fournissent, pour les études de systématique, un critère au moins aussi sûr que les caractères morphologiques et morphométriques ;

b) bon nombre de ces caractères biochimiques sont déterminés génétiquement et ne sont pas influencés par l'environnement ;

c) à l'intérieur d'une espèce, des unités taxonomiques inférieures peuvent être distinguées par l'existence de différences quantitatives constantes dans la fréquence d'apparition d'un ou de plusieurs gènes particuliers, lors de la comparaison de deux groupes d'individus entre eux.

En ce qui concerne les poissons, dès 1925, des Japonais signalent l'obtention d'agglutinations entre les sérums d'espèces diverses et les hématies humaines : KISHI en 1925 avec la carpe, MIYASAKI en 1930 avec la carpe également et l'anguille. En 1935, SUGISHITA met en évidence une agglutinine dans le sérum des anguilles, découverte très importante qui est à l'origine de la fabrication de sérum-test utilisé pour la recherche des groupes sanguins humains.

A partir de 1952, l'existence de groupes sanguins est mise en évidence chez les thunnidés aux Etats-Unis par CUSHING et son équipe (1952, 1956, 1964), au Japon par SUZUKI et ses collaborateurs (1958 à 1962), en France par KEYVANFAR (1962) et, chez les baleines et les phoques, par FUJINO (1953-1960-1962).

SINDERMANN et MAIRS (1959) étudient le hareng atlantique, PICHOT (1973) les merlus atlantiques, SPRAGUE et VROOMAN (1962) la sardine américaine, CLERC et LEE (1960-1961-1965) la sardine méditerranéenne. Depuis 1958, les Salmonidés sont l'objet de travaux importants aux U.S.A. et en Angleterre, travaux sur lesquels nous reviendrons dans les lignes qui suivent.

Parallèlement aux recherches sur les groupes sanguins, l'étude des protéines sériques et de leurs propriétés antigéniques s'est développée depuis le début du siècle. En effet, NUTTAL (1901), examinant plus de 500 espèces animales à l'aide du test de précipitation antigène-anticorps, constate des relations entre elles. En 1932, FONTAINE et BOUCHER-FIRLY signalent des teneurs en protéines sériques différentes chez les poissons selon l'espèce à laquelle ils appartiennent. GEMEROY (1943) applique le test de précipitation à l'étude de 31 espèces marines et d'eau douce. En 1949, DEUTSCH et Mac SHAN commencent à utiliser la méthode de Tiselius pour l'électrophorèse des sérums de poissons. SAÏTO, en 1958, porte son attention sur des téléostéens marins, des sélaciens et des poissons d'eau douce; il observe plus particulièrement les albumines, notant leur présence ou leur absence ainsi que leurs variations avec l'âge. Dès lors, pour l'étude des poissons et notamment des Salmonidés, de nombreux chercheurs utilisent des méthodes d'investigation telle que l'électrophorèse des protéines que nous détaillerons plus loin.

Parmi les différentes techniques adoptées dans les domaines de l'immuno-hématologie et de la biochimie, et décrites par LANDREIN et PICHOT (1968), nous avons employé, pour l'étude des Salmonidés capturés en Méditerranée :

les groupages sanguins pour rechercher les agglutinogènes et les agglutinines présents respectivement à la surface des hématies et dans le sérum ;

le « ring-test » ou précipitation interfaciale et la méthode d'Ouchterlony ou précipitation en gélose pour mettre en évidence des antigènes dans le sérum des poissons ;

l'électrophorèse des protéines sériques sur support de papier, sur bandes d'acétate de cellulose et en gel de polyacrylamide ;

l'immuno-électrophorèse en gel de gélose.

Ces deux derniers procédés ont été utilisés pour étudier la répartition qualitative et quantitative des fractions protéiniques du sérum.

Toutes ces méthodes nous ont fourni des renseignements concordants ; nous exposerons ici les résultats des groupages sanguins et de l'électrophorèse des protéines sériques effectués au Centre de Sète de l'I.S.T.P.M. de 1967 à 1969.

## 2° *Etude des groupes sanguins.*

### 1) *Etat des travaux antérieurs sur les Salmonidés.*

Depuis 1958, des ichtyologistes anglais et américains étudient les groupes sanguins des saumons et des truites. RIDGWAY, CUSHING et DURALL (1958) découvrent le fait que les globules rouges des saumons (*Oncorhynchus nerka*) provenant de zones géographiques différentes varient de façon significative quant à leur réaction avec les anticorps contenus dans le sérum de porc. Ils montrent que les spécificités antigéniques sont génétiquement déterminées. Deux années plus tard, en 1960, RIDGWAY et KLONTZ mettent en évidence des groupes sanguins chez quatre espèces de saumons du Pacifique : *Oncorhynchus nerka*, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Oncorhynchus keta* et *Oncorhynchus gorbuscha*. La fréquence d'apparition de ces groupes diffère selon la race géographique des saumons. En 1961, grâce au procédé d'iso-immunisation des poissons, RIDGWAY signale l'existence de groupes sanguins chez *Salmo gairdneri* WALBAUM. SANDERS et WRIGHT (1962) en détectent chez *Salmo trutta* et *Salmo gairdneri* à l'aide d'immun-sérums de lapin anti-« brown trout » et anti-« rainbow ». Pour la première espèce, quatre phénotypes sont identifiés et pour la seconde trois, ceux-ci étant sous le contrôle d'un système génétique à deux allèles. Les groupes sanguins existant chez ces deux espèces sont spécifiques de chacune d'elles, mais les travaux complémentaires de WRIGHT, SKLENARIC et JAMES, en 1963, suggèrent la communauté de certains antigènes érythrocytaires chez *Salmo gairdneri*, *Salvelinus fontinalis* et *Salvelinus namaycush*. ALABASTER et DURBIN (1965) étendent ces connaissances aux hybrides de divers Salmonidés, tandis que CALAPRICE et CUSHING (1967) étudient trois populations de « truites dorées », *Salmo aguabonita* JORDAN en Californie. La première provient de Golden Trout Creek, la seconde de la partie sud de la rivière Kern et la troisième des lacs Cottonwood. Les Salmonidés constituant cette troisième population sont tous issus d'un même lot de 12 truites originaires de la rivière Kern implantées dans ces lacs 90 années plus tôt. Il est intéressant de noter que la comparaison de leurs antigènes érythrocytaires amène à distinguer très nettement la première population des deux autres. Ainsi, malgré une transplantation déjà ancienne et une adaptation à l'environnement lacustre, ces deux populations ne montrent aucune différence significative du point de vue des groupes sanguins, donc aucun changement d'ordre génétique notable.

### 2) *Principe.*

La mise en évidence des réactions antigène-anticorps est basée essentiellement sur le phénomène d'agglutination qui a lieu entre les anticorps sériques ou hémagglutinines et les antigènes érythrocytaires ou hémagglutinogènes. Le mélange d'un sérum contenant une agglutinine et d'une suspension de globules rouges porteurs de l'agglutinogène correspondant à celle-ci provoque l'agglutination des érythrocytes par l'agglutinine sérique. Cette réaction est en général visible à l'œil nu ; elle est caractérisée par la vitesse de formation des agglutinats et leur dimension ; elle permet, grâce à l'emploi de dilutions du sérum, de donner une évaluation chiffrée quant à la quantité approximative d'anticorps contenue appelée « titre de l'agglutinine ».

Dans notre étude, nous avons recherché la présence d'iso-agglutinogènes, d'iso-agglutinines, d'hétéro-agglutinogènes et d'hétéro-agglutinines naturels dans le sang des Salmonidés.

a) *Iso-agglutinogènes et iso-agglutinines naturels.* Ils sont présents respectivement sur les globules rouges et dans le sérum des Salmonidés d'une espèce donnée. Pour les mettre en évidence, nous avons croisé les hématies d'une série d'individus d'une espèce, d'une morphe ou

d'une population donnée, avec les sérums de ces mêmes individus, et constaté la formation ou l'absence d'agglutination (tabl. 2). L'intérêt de cette recherche préliminaire a consisté pour nous à savoir s'il existait des groupes sanguins naturels, auquel cas une différence dans leur apparition ou dans leur répartition serait un caractère distinctif des différentes truites entre elles.

Sérums \ Hématies		<i>S.g. irideus</i>			<i>S.t. fario</i> d'élevage		<i>St. fario</i> sauvages			<i>S.t. fario</i> danoises		<i>S.t.</i> <i>lacustris</i>
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
<i>S.g. irideus</i>	P <sub>1</sub>	O	X	X								
	P <sub>2</sub>	X	O	X								
	P <sub>3</sub>	X	X	O								
<i>S.t. fario</i> d'élevage	P <sub>1</sub>				O	X	V	V	V	V	V	V
	P <sub>2</sub>				X	O	V	V	V	V	V	V
<i>S.t. fario</i> sauvages	P <sub>1</sub>				V	V	O	X	X	V	V	V
	P <sub>2</sub>				V	V	X	O	X	V	V	V
	P <sub>3</sub>				V	V	X	X	O	V	V	V
<i>S.t. fario</i> danoises	P <sub>1</sub>				V	V	V	V	V	O	X	V
	P <sub>2</sub>				V	V	V	V	V	X	O	V
<i>S.t. lacustris</i>	P <sub>1</sub>				V	V	V	V	V	V	V	O

TABL. 2. — Recherche des iso-agglutinines et iso-agglutinogènes naturels. O : croisement des individus, appartenant à une même population « P<sub>1</sub> » ou « P<sub>2</sub> » ou « P<sub>3</sub> », entre eux ; X : croisement entre elles des diverses populations, appartenant à une morphé déterminée ; V : croisement entre elles des différentes morphes, appartenant à une même espèce.

b) *Hétéro-agglutinogènes naturels*. Ces antigènes sont portés par les globules rouges des truites étudiées. Nous les avons détectés par la mise en contact de ces hématies et des sérums de diverses origines. Ce sont :

- des sérums de poissons appartenant à des espèces différentes de Salmonidés d'une part, de Carangidés, Centracanthidés, Scyliorhinidés et Squalidés d'autre part ;
- des sérums humains des divers groupes A (anti B), B (anti A), O (anti A + anti B) ;
- des sérums de bœuf, de cheval, de mouton, de porc ;
- des sérums d'oiseaux et d'autres espèces animales.

c) *Hétéro-agglutinines naturelles*. Elles sont recherchées dans le sérum des Salmonidés examinés, en faisant réagir celui-ci avec les globules rouges des poissons appartenant à d'autres espèces, des hématies de mammifères et des hématies d'oiseaux.

Il a également paru utile de chercher à mettre en évidence d'autres antigènes pouvant être fixés sur les érythrocytes mais ne pouvant pas être révélés par les agglutinines naturelles contenues dans les divers sérums énumérés ci-dessus. Il fallait donc avoir recours à des sérums porteurs d'agglutinines « irrégulières ». L'obtention de tels réactifs a nécessité l'immunisation de plusieurs lapins. Partant du fait que l'introduction dans l'organisme d'un sujet d'expérience, de globules rouges possédant un antigène absent des hématies de ce sujet, entraîne l'apparition d'anticorps spécifiquement dirigés contre l'antigène responsable du phénomène, des lapins ont été immunisés par des érythrocytes de truites de rivière *Salmo trutta fario* d'une part, et de truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus* d'autre part. Ces anti-sérums de lapins contenaient des agglutinines capables de réagir de façon très spécifique avec les hématies des poissons à étudier.

### 3) Technique de prélèvement et de conservation du sang des poissons.

La prise de sang a généralement été faite dans le bulbe aortique (fig. 14) sur des individus vivants mais endormis au préalable par un passage de quelques instants dans de l'eau additionnée

d'un tranquillisant (MS 222 Sandoz : isomère de la benzocaïne, l'éthyl m-aminobenzoate) à la concentration de 1/10 000<sup>e</sup> à 1/20 000<sup>e</sup>. Le sang est recueilli sans anticoagulant lorsque seul le sérum doit être étudié. Il est alors placé à 4° C puis centrifugé. Le sérum surnageant est immédiatement congelé. Le prélèvement est fait sur anticoagulant quand les globules rouges sont



FIG. 14. — Prélèvement de sang sur les truites.

nécessaires ; la solution d'Alsever s'est révélée la mieux adaptée à nos besoins, non seulement grâce à son pouvoir anticoagulant mais grâce à ses qualités de liquide conservateur (citrate de sodium, 8 g ; dextrose, 20,5 g ; chlorure de sodium, 7,25 g ; eau distillée q.s.p., 1 000 ml).

#### 4) Préparation des immunosérums.

Neuf à dix injections intraveineuses de globules rouges de truites ont suffi pour obtenir en un mois chez le lapin un sérum riche en anticorps anti-hématies. Ces lapins ont été séparés en deux groupes de 11 individus, le premier étant immunisé avec des érythrocytes de truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus* et le deuxième avec des érythrocytes de truites de rivière *Salmo trutta fario*. Nous avons immunisé un nombre relativement important de lapins afin de pouvoir éliminer, d'une part les différences individuelles existant entre les globules rouges de truites, d'autre part les différences de réaction parmi les lapins. Les globules rouges des truites, lavés et mis en suspension à 25 % dans du sérum physiologique, sont inoculés aux lapins en quantités croissantes de 1 à 2 ml, pendant trois semaines à raison de trois injections par semaine, dans la veine marginale de l'oreille (fig. 15). Après une piqûre de rappel, ils sont saignés à la carotide (fig. 16) et les sérums recueillis après décantation et centrifugation. Une partie des anticorps sériques est alors absorbée sélectivement de façon à obtenir des immunosérums spécifiques. Les réactifs ainsi préparés sont conservés à — 20° C.

#### 5) Origine des réactifs et détails de la méthode.

Le sang humain utilisé provient de donneurs du Centre de Transfusion de Sète, dont les groupes sanguins sont connus. Avant la réaction, les sérums sont titrés afin de connaître la quantité approximative d'anticorps qu'ils contiennent. Plusieurs sérums de même groupe et de même titre sont mélangés de manière à obtenir un réactif unique de titre connu. On dispose ainsi d'un « pool » de sérums anti-A, d'un « pool » de sérums anti-B et d'un « pool » de sérums anti-A + anti-B.

Pour une plus grande sécurité des résultats, nous avons examiné chaque sérum de truite vis-à-vis des globules rouges de trois séries de six donneurs humains appartenant respectivement aux groupes sanguins A, B et O. De même, l'étude des érythrocytes de truites a été faite vis-à-vis des six sérums humains de chacun des groupes nommés ci-dessus ainsi que vis-à-vis des « pools » préparés.

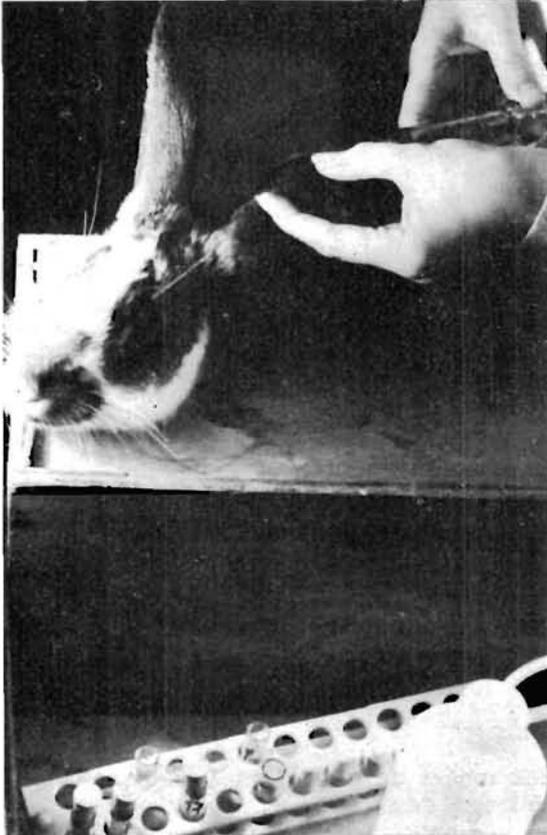


FIG. 15. — Immunisation des lapins.

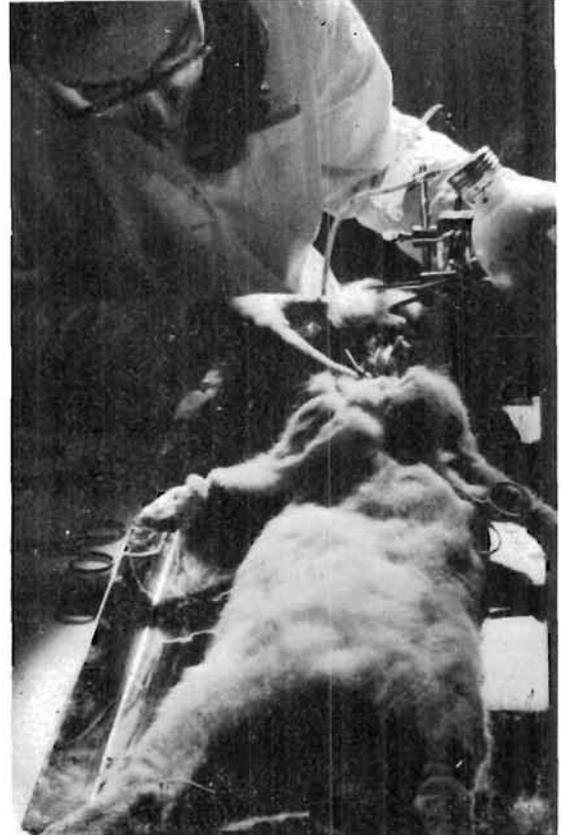


FIG. 16. — Prélèvement total de sang sur le lapin immunisé.

Le sang de porc, de bœuf, de cheval et de mouton vient des abattoirs de Montpellier. Comme pour les réactifs humains, les sérums sont groupés en « pools » et plusieurs prélèvements érythrocytaires appartenant aux animaux du même genre sont testés vis-à-vis des sérums de truites.

Le « pool » et les sérums de poulets sont préparés selon le même processus que les autres réactifs.

Le sang des poissons autres que les Salmonidés est pris sur des spécimens pêchés dans la région de Sète. Il s'agit, pour les Téléostéens, de Carangidés (*Trachurus trachurus*), de Centracanthidés (*Spicara maena* et *Spicara smaris*) et, pour les Sélaciens, de Scyliorhinidés (*Scyliorhinus caniculus* et *Scyliorhinus stellaris*) et de Squalidés (*Squalus acanthias*).

L'étude des Salmonidés capturés en mer dont nous avons pu prélever du sang a été faite comparativement à celle de 183 *Salmo gairdneri irideus*, 102 *Salmo trutta fario* d'élevage et 72 *Salmo trutta fario* sauvages provenant des lieux et piscicultures déjà cités, de 39 *Salmo trutta fario* d'origine danoise originaires de Thorens en Haute-Savoie et d'Usson-les-Bains dans l'Aude, enfin de 7 truites de lac (*Salmo trutta lacustris*) pêchées à Thonon-les-Bains en Haute-

Savoie. L'origine et la détermination de tous ces poissons ont été établies avec exactitude afin d'obtenir des éléments de comparaison.

Pour chaque type de recherche d'agglutinines ou d'agglutinogènes, la technique est la même ; seuls les réactifs mis en présence varient. Les sérums sont maintenus au bain-marie à 56° C pendant 30 minutes de façon à inactiver le complément qui provoquerait la lyse des érythrocytes s'il n'était pas détruit ; on dépose ensuite dans des plaques alvéolées, en plexiglass, 0,3 ml de sérum ou d'anti-sérum préparés et 0,1 ml de suspension de globules rouges (fig. 17 et 18).

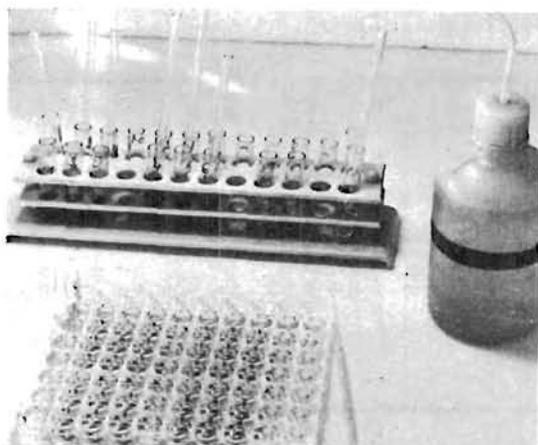


FIG. 17. — Groupages sanguins.

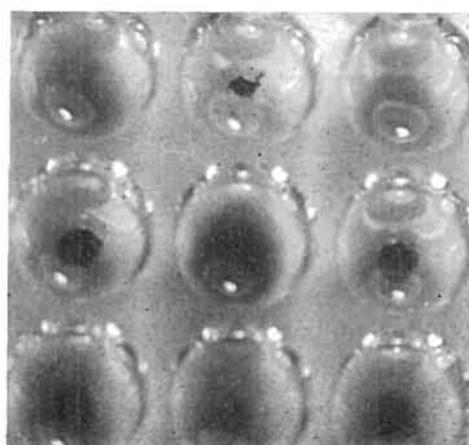


FIG. 18. — Détail des agglutinations.

Une première lecture est possible après que le mélange ait été agité doucement en tous sens pendant quelques minutes et laissé reposer une à deux heures à 4 ou à 18° C selon le cas. Une seconde lecture est faite après 12 heures, les plaques étant conservées à 4° C. L'absence d'agglutination caractérise une réaction négative et sa présence une réaction positive. Nous avons noté l'intensité de cette dernière par rapport à la capacité de dissociation des agglutinats. Si tous les globules rouges sont agglutinés en un seul amas compact, la réponse est très positive et représentée par quatre croix (+++), une dissociation en deux ou trois gros agglutinats par trois croix (+++), une série d'agglutinats moyens par deux croix (++), un grand nombre de petits agglutinats par une croix (+). Les réactions douteuses ont été refaites en tube de Kahn et leur intensité appréciée après une centrifugation à faible vitesse, par agitation au-dessus d'un miroir concave ou examen au microscope.

## 6) Résultats.

La première série d'expériences n'a pas permis de déceler la présence d'iso-agglutinines et d'iso-agglutinogènes naturels :

chez chacune des 11 populations étudiées par croisement des sérums et hématies des individus entre eux ;

chez les différentes morphes de truites par croisement des populations entre elles ;

au sein d'une même espèce par croisement des morphes entre elles.

La deuxième série d'expériences, basée sur la recherche d'hétéro-agglutinogènes naturels dans le sang des Salmonidés, a montré l'absence de réaction entre *Salmo gairdneri* et *Salmo trutta*, de même qu'entre ces deux espèces et d'autres poissons. Cependant, comme le résument les tableaux 3 et 4, les hématies de truites réagissent en général avec les sérums de mammifères

et de poulets et plus particulièrement selon l'espèce avec les sérums humains, bovins et équins. Ces réactions ont donc révélé la présence sur les érythrocytes des truites arc-en-ciel :

d'un antigène analogue à l'antigène A des hématies humaines des groupes A et AB ;

d'antigènes réagissant avec les agglutinines contenues dans les sérums de bœuf et de cheval.

Ces antigènes, qui n'existent chez aucune des morphes de *Salmo trutta* étudiées, peuvent être considérés comme spécifiques de *Salmo gairdneri irideus*.

Sérums Glob. rouges	Homme			Porc	Bœuf	Cheval	Mouton	Poulets		
	Anti A	Anti B	Anti A + B					1	2	3
6103	+++	O	+++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6104	+++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6106	++	O	+	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6107	++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6111	+++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6112	+++	O	+++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6113	++	O	+	++++	++++	++++	O	+++	++	-
6114	++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6121	+++	O	+++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
6122	+++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	++	+
.										
.										

TABL. 3. — Recherche d'hétéro-agglutinogènes naturels chez *Salmo gairdneri*.

Sérums Glob. rouges	Homme			Porc	Bœuf	Cheval	Mouton	Poulets			
	Anti A	Anti B	Anti A + B					1	2	3	
<i>S.t. fario</i> élevage	103	O	O	O	+++	O	O	O	++	+	+
	104	O	O	O	++	O	O	O	++	++	+
	107	O	O	O	++++	O	O	O	+++	++	+
<i>S.t. fario</i> sauvages	53	O	O	O	++	O	O	O	+++	++	+
	55	O	O	O	+++	O	O	O	++	++	+
	57	O	O	O	+++	O	O	O	+++	++	+
<i>S.t. fario</i> danoises	10	O	O	O	+++	O	O	O	++	++	+
	11	O	O	O	++++	O	O	O	+++	++	+
	12	O	O	O	++	O	O	O	++	++	+
Truites de lac	2	O	O	O	+++	O	O	O	+++	++	+
	3	O	O	O	++	O	O	O	++	+	+
	4	O	O	O	+++	O	O	O	+++	++	+

TABL. 4. — Recherche d'hétéro-agglutinogènes naturels chez *Salmo trutta*.

Il n'a pas été trouvé, dans le sérum des truites, d'hétéro-agglutinines naturelles réagissant avec les hématies des mammifères, des poulets et des poissons utilisés.

Enfin, les résultats de la recherche d'autres antigènes spécifiques grâce aux anti-sérums de lapins préparés par immunisation sont présentés dans le tableau 5. Ils peuvent se résumer en quelques lignes. Parmi les truites des deux espèces, seules les *Salmo gairdneri irideus* donnent

des réactions positives avec le sérum de lapin anti-hématies de *Salmo gairdneri irideus*. De même, seuls les globules rouges des individus des diverses morphes de l'espèce *Salmo trutta* sont agglutinés par le sérum de lapin anti-hématies de *Salmo trutta fario*.

Il apparaît ainsi que les groupages sanguins facilitent la détermination des deux espèces de truites. Nous disposons en effet de cinq réactifs spécifiques d'espèces : les sérums humains

		AS lapin	« <i>S.g. irideus</i> »	AS lapin	« <i>S.t. fario</i> »
		17	20	52	58
<i>S.g. irideus</i>	6114	++++	++++	□	○
	6116	++++	+++	□	○
	6117	++++	++++	○	○
	6118	++++	+++	○	○
<i>S.t. fario</i> élevage	103	○	○	++++	++++
	104	○	○	++++	++++
	105	□	○	+++	+++
	106	○	○	++++	+++
<i>S.t. fario</i> sauvages	290	□	○	++++	++++
	291	○	○	++++	++++
	292	○	○	++++	++++
	293	□	○	++++	+++
<i>S.t. fario</i> danoises	10	○	○	++++	++++
	11	□	□	++++	++++
	13	□	○	+++	+++
	18	○	○	+++	+++
Truites de lac	2	□	○	++++	+++
	3	○	○	++++	+++
	4	□	○	++++	++++
	5	□	○	++++	++++

TABL. 5. — Recherche d'antigènes révélés par les anti-sérums contenant des agglutinines irrégulières. ++++ : réaction fortement positive ; +++ : réaction positive ; ○ : réaction négative ; □ : formation d'un dépôt visqueux non spécifique. AS lapin « *S.g. irideus* » : anti-sérum de lapin contenant, par immunisation, des anti-corps anti-globules rouges de *Salmo g. irideus*. AS lapin « *S.t. fario* » : anti-sérum de lapin contenant, par immunisation, des anticorps anti-globules rouges de *Salmo trutta fario*.

de groupes B et O ; le sérum de bœuf ; le sérum de cheval ; le sérum de lapin anti-hématies de *Salmo gairdneri irideus* ; le sérum de lapin anti-hématies de *Salmo trutta fario*.

Ceci établi, nous avons mis en contact tour à tour chacun de ces sérums avec les érythrocytes des différents Salmonidés capturés en eau salée dont nous avons pu récolter du sang, afin de procéder à leur détermination (tabl. 6).

Les truites non marquées, pêchées en mai 1967 et mai 1969, ont présenté des réactions positives avec les sérums humains des groupes B et O, les sérums de bœuf, de cheval et avec les immun-sérums de lapin anti-*Salmo gairdneri irideus*. Il n'y a eu aucune réaction d'agglutination avec les immun-sérums de lapin anti-*Salmo trutta fario*. On peut en déduire avec certitude que ces poissons appartiennent à l'espèce *Salmo gairdneri*. Ainsi, la détermination, par la méthode immuno-hématologique, de ces deux Salmonidés, vient confirmer celle faite :

par l'examen morphologique et morphométrique du poisson pêché le 20 mai 1967 (n° 10) ;  
par l'examen morphométrique du poisson capturé le 3 mai 1969 (n° 19).

Les truites non marquées, pêchées en juin 1967 et en juillet 1969, ont donné des réactions négatives avec les sérums humains, bovins et équins, ainsi qu'avec les sérums de lapin anti-

Hématies \ Sérums	Sérums humains			Porc	Bœuf	Cheval	Mouton	Poulet	Lapins anti G.R.	
	Anti A	Anti B	Anti A+B						<i>S.t. fario</i>	<i>S.g. irideus</i>
<i>S.g. irideus</i>	+++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	O	++++
<i>S.t. fario</i> locales	O	O	O	+++	O	O	O	++	++++	O
<i>S.t. fario</i> danoises	O	O	O	+++	O	O	O	++	++++	O
Truites de lac	O	O	O	+++	O	O	O	++	++++	O
Salmonidé capturé le 20-5-67	++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	O	++++
Salmonidé capturé le 25-7-69	O	O	O	+++	O	O	O	++	++++	O
Salmonidé capturé le 3-5-69	+++	O	++	++++	++++	++++	O	+++	O	++++
Salmonidé capturé le 6-6-67	O	O	O	+++	O	O	O	++	++++	O

TABL. 6. — Groupages sanguins : détermination des truites capturées par comparaison avec les truites appartenant aux espèces *Salmo gairdneri* et *Salmo trutta*.

*Salmo gairdneri irideus*, et positives avec les immun-sérums anti-*Salmo trutta fario*. Il s'agit donc bien ici de truites de l'espèce *Salmo trutta*. A la suite de l'examen de la position relative de la nageoire dorsale, l'exemplaire du 25 juillet 1969 (n° 18) était présumé appartenir à l'espèce *Salmo trutta*, ce résultat étant confirmé à posteriori par l'hématologie.

### 3° Electrophorèse des protéines sériques.

L'étude des antigènes érythrocytaires et des agglutinines sériques est intéressante du fait que ces constituants apparaissent tôt dans le développement de l'individu. Faisant partie du patrimoine héréditaire, ils ne subissent pas de changement au cours de la vie, qu'il s'agisse de changements dus à l'âge, au sexe ou à l'environnement. Malheureusement, il n'est pas toujours possible d'étudier les antigènes portés par les hématies, bien que ceux-ci laissent rapidement apparaître des différences spécifiques déterminantes. En effet, le sang doit être prélevé sur des animaux vivants ou morts depuis peu, et les globules rouges examinés immédiatement.

Dans ces conditions, nous avons étudié la répartition des protéines sériques par électrophorèse afin de nous assurer d'une méthode biochimique pour les cas où il est impossible d'obtenir des hématies et, en outre, afin de compléter les renseignements fournis par l'examen des groupes sanguins.

## 1) Etat des travaux antérieurs sur les Salmonidés.

En France, la publication de travaux relatifs à l'utilisation des techniques d'électrophorèse pour l'étude des Salmonidés remonte à 1954. Ainsi DRILHON (1954) étudie, grâce à l'électrophorèse sur papier, l'effet du jeûne sur le diagramme électrophorétique du sérum de truite. Celle-ci y est très sensible et 30 jours suffisent pour que l'on observe une nette diminution de la fraction albumine suivie, si le jeûne se prolonge, d'une diminution de la fraction dont la vitesse de migration est comparable à la beta-globuline humaine. En 1957, DRILHON et FINE complètent les données précédentes et confirment l'importance de l'état de nutrition sur l'albumine sérique. Plus tard, DRILHON, FINE et DAOULAS (1958) réalisent des électrophorégrammes sur papier et en gélose des constituants du sérum de *Salmo gairdneri irideus* et de *Salmo salar*. Ils concluent à la fidélité des méthodes grâce à l'obtention de résultats superposables d'une année à l'autre. En 1963, ces mêmes auteurs étudient l'influence du sexe sur les protéines sériques de *Salmo salar*. Parmi les trois fractions principales distinguées, deux ont le même emplacement chez tous les individus, alors que la troisième se situe en position cathodique chez les mâles et anodique chez les femelles.

Au Canada, TSUYUKI et ROBERTS (1963) examinent les différences existant entre les diverses espèces de Salmonidés. Ils utilisent pour cette recherche l'électrophorèse de l'hémoglobine et des extraits de muscle. Ils parviennent ainsi à distinguer les *Salvelinus* des *Salmo gairdneri* et des saumons *Oncorhynchus kizutch*, *Oncorhynchus nerka*, *Oncorhynchus keta*, etc. Par contre ils ne peuvent dissocier les deux *Salmo gairdneri*, « Rainbow trout » et « Steelhead trout », ce qui montre leur proche parenté malgré leur biologie bien différente. Ils poursuivent leurs expériences et concluent en 1965 à l'intérêt de l'étude du myogène et de l'hémoglobine dans les recherches phylogénétiques.

En Suède, NYMAN (1965 et 1967) emploie la technique de l'électrophorèse en gel d'amidon et en gel de polyacrylamide pour le sérum et d'autres tissus de truites et de saumons. Il observe des différences au niveau des espèces ainsi qu'au niveau des « morphes ». Il note également certains changements dans la distribution quantitative des fractions selon l'environnement, l'état physiologique, etc., mais rarement dans la distribution qualitative.

Au Japon, YAMANAKA, KATSUMI, KANEHISA et FUMIO (1967) publient les résultats d'un travail similaire sur les Salmonidés par électrophorèse en gel d'amidon.

Enfin, HODGINS, RIDGWAY et UTTER (1965) et POST (1966) s'intéressent plus particulièrement à *Salmo gairdneri*, notant la quantité infime et même l'absence de gamma-globulines dans les tracés électrophorétiques, tandis que LYSAK et BIENIARZ (1965) orientent leurs recherches sur *Salmo trutta* L.

## 2) Principe.

Si on laisse migrer dans un champ électrique, sur un support tel que le papier, la gélose, l'acétate de cellulose, le gel d'amidon ou le gel de polyacrylamide, les composants protéiques d'un mélange complexe comme le sérum, ces composants se localisent à des distances différentes du point de dépôt selon leurs propriétés chimiques et physiques. Les diagrammes ainsi obtenus présentent, soit des images spécifiques et constantes pour une espèce déterminée, soit des images où la répartition des fractions varie selon une fréquence caractéristique d'une morphe ou d'une population géographique.

## 3) Choix du support.

Parmi les divers supports de migration utilisables, nous avons écarté les gels d'amidon et de polyacrylamide car ceux-ci, ajoutant à la séparation électrique habituelle une filtration moléculaire au travers des gels, nous ont fourni un plus grand nombre de fractions protéiques, donc une plus grande diversification au niveau individuel. Ce n'était pas, en effet, ces différences

individuelles que nous cherchions à obtenir. Nous désirions plutôt les éviter de manière à bien mettre en évidence les différences existant au niveau des espèces. Notre choix s'est porté sur l'acétate de cellulose qui, n'ayant pas les propriétés des supports précédents, répond bien à nos préoccupations.

En effet, après KOHN (1967), l'utilisation de ce support s'est répandue très vite en raison d'avantages certains dont la séparation rapide et fine des protéines. En outre, la parfaite transparence des bandes, obtenue après un traitement spécial, permet une lecture facile. Enfin, qualité très importante dans la pratique, la quantité de sérum nécessaire pour l'opération est infime.

a) Matériel et réactifs utilisés.

*Matériel* : cuve à électrophorèse de zone à évaporation limitée reliée à un redresseur ST-3 B-APELAB ; lampe à radiations infra-rouges de 500 watts pour le séchage ; photomètre enregistreur intégrateur VITATRON (fig. 19).



FIG. 19. — Installation utilisée pour l'électrophorèse.

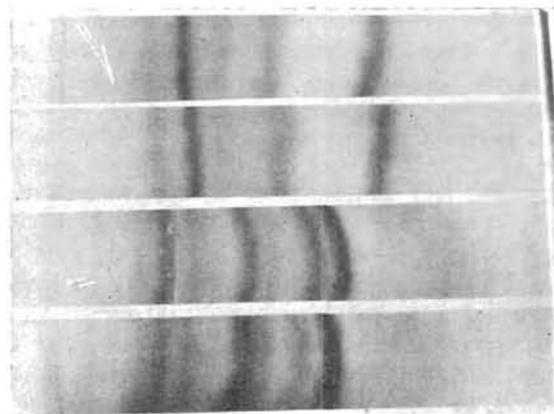


FIG. 20. — Electrophorégramme sur bandes d'acétate de cellulose (en haut : *Salmo t. fario*, en bas : *Salmo g. irideus*).

*Réactifs* : solution-tampon à pH 8,6 (2,76 g de véronal acide, 15,40 g de véronal sodique, dans l'eau distillée q.s.p. 1 000 ml), diluée de moitié dans l'eau distillée ; solution colorante d'Amidoschwarz 10 B à 0,5 % dans un mélange méthanol-acide acétique glacial 9/1 ; solution décolorante d'acide acétique glacial et de méthanol (1 volume pour 9) ; solution diaphanisante de Dioxanne pur (40 ml) et d'éthanol absolu (60 ml).

b) Mode opératoire.

Les échantillons de sérums sont déposés à raison de 5 microlitres sur 8 bandes d'acétate de cellulose « Microphor » (160 × 25 mm) du côté cathodique. Une différence de potentiel de 240 volts est établie, l'intensité étant alors de 12 milliampères. Après 90 minutes de migration, les bandes sont colorées puis rendues transparentes et séchées (fig. 20). Les films ainsi obtenus sont photométrés. Les fractions protéiques sont alors individualisées par comparaison avec la bande colorée originale à partir des courbes densitométriques. Une intégration automatique permet le calcul des pourcentages de ces fractions par rapport à la quantité de protéines totales.

#### 4) Résultats.

La nature des protéines de poissons est difficile à identifier sans faire des analyses biochimiques complexes, aussi avons-nous utilisé le système de SAÏRO (1958) pour nommer les différentes fractions. Celle dont la mobilité anodique est la plus grande est appelée « 1 » ; les numéros

suyvants correspondent à des mobilités anodiques décroissantes. D'après les recherches de DRILHON (1954), la fraction « 1 » correspondrait à la fraction « albumine » du sérum humain et les suivantes (2, 3, 4, 5 et plus) aux  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  globulines humaines.

Les électrophorèses que nous avons réalisées portent sur les protéines sériques de *Salmo gairdneri irideus*, *Salmo trutta fario* et *Salmo trutta lacustris* dont l'origine a déjà été citée précédemment. En ce qui concerne les Salmonidés capturés en mer, les seuls que nous ayons pu examiner viennent de Sète.

Les diagrammes obtenus sont représentés sur le tableau 7 qui montre le nombre, la disposition et les mobilités relatives moyennes des fractions protéiques pour chaque groupe de poissons. Chez *Salmo trutta* comme chez *Salmo gairdneri irideus*, les résultats sont identiques à l'intérieur de chaque espèce. Les différences de sexe et d'aire géographique n'entraînent aucune modification importante.

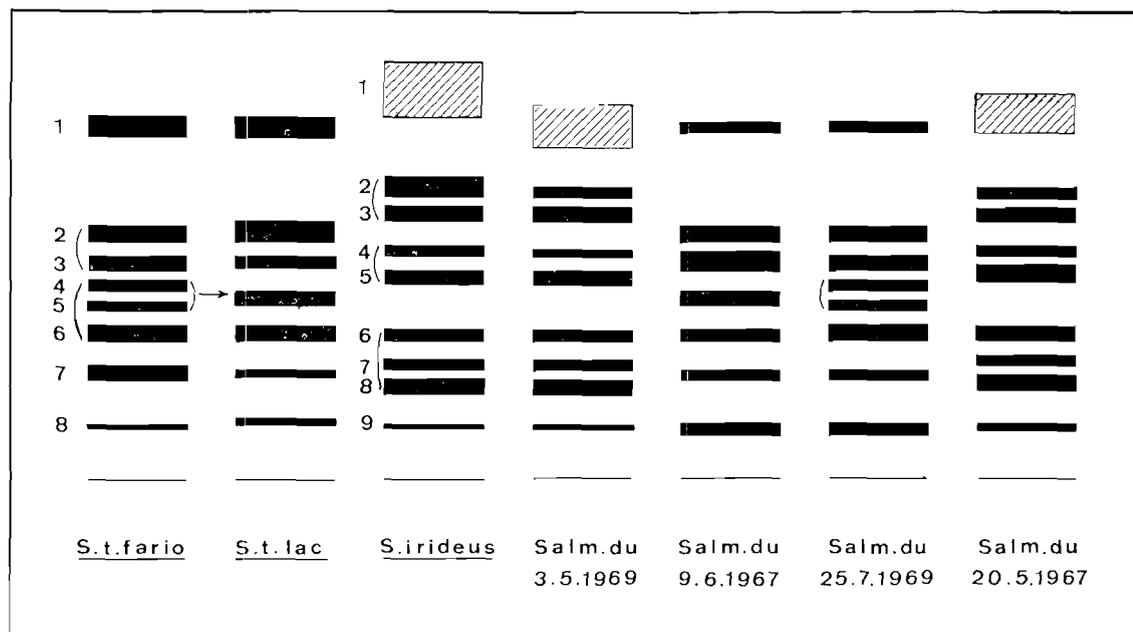


TABLE 7. — Electrophorèses de sérums de Salmonidés.

Sur le premier diagramme correspondant à un exemplaire de *Salmo trutta fario*, on dénombre 8 fractions ; remarquons cependant que parmi les différentes truites de rivières examinées certaines n'en montraient que 7, les fractions 4 et 5 n'étant pas toujours séparées. C'est le cas également pour les truites de lac (diagramme 2) dont le tracé électrophorétique est le même que celui de *Salmo trutta fario*, les fractions 4 et 5 apparaissant soit distinctes, soit concentrées en une seule.

Les truites arc-en-ciel, dont une est représentée par le diagramme 3, se distinguent nettement des précédentes par une répartition différente des fractions. La fraction 1 de *Salmo gairdneri irideus*, bien que moins dense, est plus rapide et plus étalée que la fraction 1 de *Salmo trutta*. Une neuvième fraction est mise en évidence sur tous les tracés électrophorétiques. La fraction 6 est parfois dédoublée, la fraction 9 plus rarement.

En comparant ces trois schémas à ceux obtenus pour les Salmonidés capturés en mer (diagrammes 4, 5, 6 et 7), on peut remarquer que :

a) les Salmonidés pris le 3 mai 1969 et le 20 mai 1967 présentent un schéma identique à celui de *Salmo gairdneri irideus* quant à la répartition qualitative. Seules les quantités relatives de certaines fractions telles la 1 et la 2 en particulier présentent une légère différence ;

b) les Salmonidés pris le 9 juin 1967 et le 25 juillet 1969 donnent une image comparable à celles des diagrammes 1 et 2 concernant *Salmo trutta*. Toutefois, la fraction 1 est moins importante et la fraction 8 un peu plus.

La figure 21 représente les courbes d'enregistrement photométrique des diagrammes électrophorétiques de *Salmo trutta fario*, de *Salmo gairdneri irideus* et de deux des Salmonidés pêchés. L'examen simultané des deux figures permet de remarquer des différences certaines dans la répartition des protéines sériques des truites appartenant aux deux espèces, tant dans le nombre des fractions et leur pourcentage relatif que dans leur mobilité anodique. Ces électrophoré-

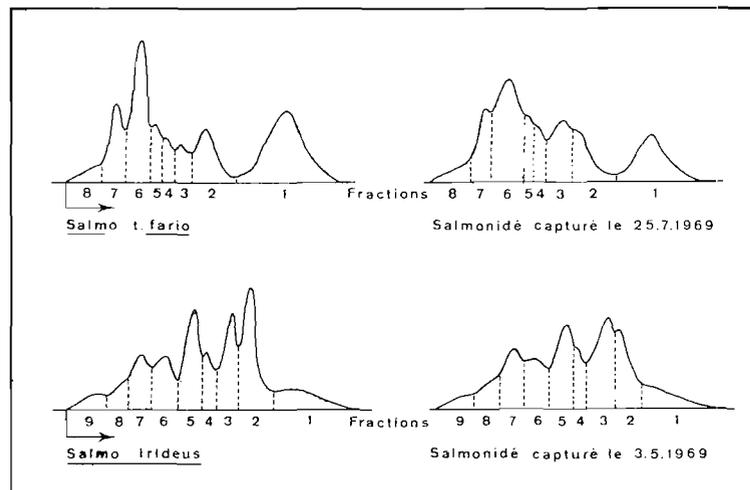


FIG. 21. — Courbes d'enregistrement des électrophorèses.

grammes sont suffisamment différenciés pour permettre la détermination des individus capturés. Leur comparaison avec ceux des truites prises en mer fait apparaître très nettement l'appartenance des poissons pêchés en mai 1967 et 1969 à l'espèce *Salmo gairdneri irideus*, ceux pêchés en juin 1967 et juillet 1969 à l'espèce *Salmo trutta*.

Ces méthodes, tout en différenciant les truites appartenant aux deux espèces, *Salmo gairdneri irideus* d'une part, *Salmo trutta* (*fario* d'élevage, *fario* danoises, *fario* sauvages, truites de lac) d'autre part, ont permis de confirmer les résultats obtenus par l'étude morphologique et par l'étude immuno-hématologique.

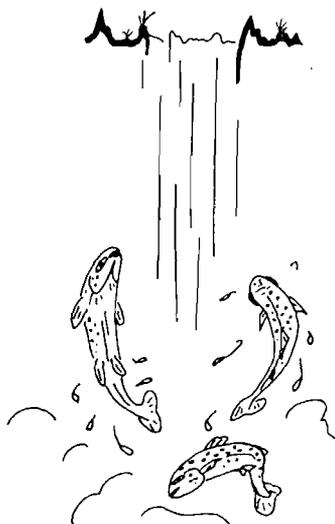
### III. - Conclusion.

La capture de Salmonidés argentés en Méditerranée et dans les étangs salés a posé le problème de leur détermination exacte. La présence d'une marque operculaire sur quatre poissons a permis de retrouver leur origine ; il s'agissait de truites de rivière *Salmo trutta fario*. Certains détails morphologiques, tels que la présence de ponctuations et leur répartition ainsi que l'emplacement relatif de la nageoire dorsale, nous ont laissé entrevoir l'appartenance de certains autres spécimens non marqués, aux espèces *Salmo gairdneri irideus* et *Salmo trutta*. Etant donné les variations morphologiques et morphométriques importantes subies par les Salmonidés au cours de leur vie et selon le mode de celle-ci, les méthodes immuno-hématologiques et biochimiques sont apparues comme d'excellents moyens de différenciation. La recherche des groupes sanguins a immédiatement apporté la solution à nos questions et l'électrophorèse sur acétate de cellulose, bien que critiquée par certains auteurs, les protéines sériques variant avec l'état physiologique du sujet, nous a donné des résultats directement adaptables à notre problème.

Ainsi, grâce à ces différentes techniques, les Salmonidés capturés en mer Méditerranée ont pu être déterminés. Ce sont, d'une part des truites communes de rivière *Salmo trutta fario*, d'autre part des truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus* qui auraient quitté leur milieu habituel (fleuves, rivières et piscicultures) pour se retrouver en milieu marin après avoir vraisemblablement séjourné pendant un temps variable dans les estuaires afin de s'adapter à ce nouvel environnement.

Pourquoi ce départ des eaux douces ?

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées, mais on ne peut perdre de vue le fait que chaque espèce de truites comprend des variétés migratrices et des variétés sédentaires dont les souches elles-mêmes ont souvent été mêlées. Il peut arriver que, par atavisme, ce caractère migrateur réapparaisse chez certains individus. Un fait reste certain : les Salmonidés ont en général un comportement étonnamment plastique. Depuis plus d'un siècle déjà, les ichthyologistes tentent de préciser le milieu d'origine de ces poissons. Si DAY, SMITT, REGAN, NALL, CALDERWOOD<sup>(1)</sup> pensent qu'ils ont commencé par être purement marins, GÜNTHER et plus tard PATON, MAXWELL, ROULE, BERG, Mc FARLANE et NIKOLSKII estiment plutôt qu'ils vivaient uniquement en eau douce jusqu'au moment où eut lieu, il y a un million d'années, le phénomène de dilution des eaux nordiques qui, abaissant considérablement le taux de salinité en certains endroits, facilita les migrations. NIKOLSKII appuie son hypothèse sur l'absence de Salmonidés dans l'hémisphère sud avant leur introduction par l'homme au siècle dernier. TCHERNAVIN (1939), favorable à cette théorie, pense qu'à l'époque glaciaire, l'Europe du nord, de Londres aux monts Oural, n'offrait plus aux individus de cette famille ayant résisté au froid intense qui régnait alors une nourriture suffisante. Ils auraient donc migré peu à peu vers les estuaires, puis vers la mer, revenant tout de même dans les rivières, moins riches en prédateurs, pour frayer. Cette possibilité d'adaptation dont nous avons pu juger nous-mêmes par la capture en eaux marines de truites provenant des eaux douces, nous a paru intéressante à préciser. De là est née l'idée de procéder à toute une longue série d'expériences sur l'adaptation à la vie marine de truites appartenant aux espèces *Salmo gairdneri irideus* et *Salmo trutta* (dans sa variété *Salmo trutta fario*). L'exposé des résultats ainsi obtenus fait l'objet de notre deuxième partie.



---

(1) Cités ainsi que les suivants par TCHERNAVIN

## DEUXIEME PARTIE

### ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ADAPTATION DE *SALMO TRUTTA FARIO* ET DE *SALMO GAIRDNERI IRIDEUS* A LA VIE MARINE

Malgré les nombreux travaux entrepris sur les migrations des Salmonidés, ce phénomène reste assez mystérieux. En effet, les truites peuvent avoir des comportements tout à fait différents en fonction de l'environnement qui, de sédentaires en certains biotopes, les amène à devenir migratrices en d'autres. C'est ainsi, par exemple, que dans certaines régions de nombreux exemplaires de *Salmo trutta*, hôtes des rivières, sont repêchés en mer quelques mois plus tard. En Ecosse, des truites marquées dans la rivière Tweed migrent vers les eaux marines ; certaines atteignent même la Norvège. Aux îles Shetland, elles quittent les eaux douces en avril, s'éloignent des côtes à la fin du mois de mai pour remonter en septembre les lochs vers les rivières afin de frayer en octobre. La mer Baltique abrite dans ses régions les moins salées (eaux littorales et embouchures) des truites venant de Finlande, du Danemark, de Suède, d'Allemagne, de Pologne où plus de 80 % des pêches de Salmonidés en mer sont constituées par des truites. Des poissons de cette espèce peuvent également quitter les eaux douces de Russie pour aller en mer de Barentz, en mer Noire et en mer Caspienne où d'ailleurs elles représentent la variété *Salmo trutta caspius*. Dans l'océan Atlantique sud, on en a retrouvé portant la livrée typique des poissons de mer et qui provenaient d'un lot implanté aux îles Falkland ; il en est de même dans l'océan Indien où des *Salmo trutta fario* issus d'œufs portés aux îles Kerguelen quatre années auparavant ont été repêchés.

Chez la truite arc-en-ciel, des faits analogues sont observés dans la mer Baltique, dans des eaux de salinité de 8 à 20 ‰, dans les eaux à faible salure de l'océan Pacifique le long des côtes de l'Amérique du nord et dans l'océan Indien (îles Kerguelen). Mais c'est surtout au Danemark, pays d'élevage, que ce phénomène est le plus marqué ; là, des milliers de truites élevées dans des fermes d'eau douce disparaissent chaque année ; des marquages ont montré que 40 % d'entre elles se dirigeaient vers les fjords où la salinité est voisine de 15 ‰. En France, PHELIPOT (1971) relate la fuite d'une pisciculture bretonne de 150 000 truites arc-en-ciel en février 1966 à l'occasion d'une crue ; signalées dans les eaux marines moins de trois semaines plus tard, il ne semble pas, selon les pêcheurs locaux, qu'elles soient revenues dans la rivière. De telles migrations en France sont rares. Si dans le nord certains fleuves abritent des populations anadromes, le fait reste exceptionnel dans le sud où les déplacements, bien que rythmés par les saisons, sont toujours individuels.

Ainsi, il est largement prouvé qu'un nombre important de truites parviennent à s'adapter naturellement à la vie en eau de mer. Ce fait ne rendait que plus intéressante l'expérimentation consistant à provoquer artificiellement une acclimatation contrôlée à l'échelle expérimentale. Si cette expérience était positive, on pouvait envisager des piscicultures marines dont l'intérêt serait appréciable, tant pour l'amélioration de la qualité de la chair que pour une meilleure mise en valeur de certains étangs côtiers où seraient déversés des poissons préadaptés à la vie en eau salée. Le développement d'industries annexes : usines de fumaison, de salaison, conserveries, fabriques d'aliments spéciaux pour l'engraissement, ouvrirait en outre des débouchés dans les régions littorales concernées.

C'est ce que nous avons tenté de faire, d'abord en laboratoire de 1967 à 1971 puis en milieu naturel dans une pisciculture du Roussillon de 1972 à fin 1974.

## I. - Analyse historique des expériences antérieures.

Des expériences sur l'adaptation de *Salmo gairdneri irideus* furent tentées par BUSNEL (1942 et 1943) et par BUSNEL et DRILHON (1946). Les alevins vésiculés subirent en eau salée une mortalité importante s'élevant à 80 % après un séjour de 45 jours dans des eaux à 5 ‰ de salinité, à 100 % au bout de 31 jours dans des eaux à 10 ‰ et à 100 % après 13 jours à 15 ‰. Cette mortalité apparut, non pas au début de l'expérience, mais plus tard, au moment de la formation du tube digestif et du système respiratoire. Leur développement fut moins rapide que celui du lot-témoin, ceci étant dû à une déshydratation progressive et à l'augmentation de la concentration moléculaire du milieu intérieur parallèlement à celle du milieu extérieur.

Les résultats ne furent pas plus encourageants pour les truitelles et les truites de 14 à 18 cm qui moururent quatre heures après avoir été placées brusquement dans des eaux à 25 ‰; la mortalité totale d'un lot soumis à une augmentation graduelle de la salinité à raison de 1 gramme par jour fut atteinte après un séjour de 8 heures à 27,4 ‰.

Considérant les difficultés d'adaptation des truites, ces auteurs conclurent à l'existence, chez *Salmo gairdneri irideus*, d'un caractère physiologique intermédiaire situant cette espèce entre les espèces euryhalines et sténohalines.

G. PARRY (1958) étudia la tolérance à l'eau de mer et l'osmorégulation de trois espèces de Salmonidés : *Salmo salar* S., *Salmo trutta* L. et *Salmo gairdneri* R. selon l'âge et la taille des individus. Les résultats obtenus indiquent la survie, calculée en nombre d'heures pour des salinités de 33,9 ‰ et 25,4 ‰.

<i>S. salar</i>	de 3-4 cm	âgés de 9 mois :	2 h à 33,9 ‰,	10 h à 25,4 ‰.
<i>S. salar</i>	de 7-8 cm	» 9 mois :	9 h »	72 h »
<i>S. trutta</i>	de 8-10 cm	» 9 mois :	7,5 h »	76 h »
<i>S. trutta</i>	de 12-15 cm	» 21 mois :	11,5 h »	76 h »
<i>S. trutta</i>	de 19-20 cm	» 34 mois :	36,0 h »	indéfiniment »
<i>S. gairdneri</i>	de 8-10 cm	» 9 mois :	7,5 h »	18,7 h »
<i>S. gairdneri</i>	de 15-20 cm	» 22 mois :	120,0 h »	indéfiniment »

L'auteur conclut à l'importance de la taille des poissons plus qu'à l'âge. Il estime que dans un lot de même âge ceux qui s'adaptent vraisemblablement le mieux sont ceux dont la croissance a été la plus rapide.

Après ses travaux sur la truite à tête d'acier (forme migratrice de *Salmo gairdneri*) et sur le saumon chum (*Oncorhynchus keta*), HOUSTON (1961) établit que chez les espèces passant normalement par un stade de transformations physiologiques appelé « smoltification », la faculté de s'acclimater à l'eau salée est plus grande chez les « smolts » que chez les « post-smolts ». Au contraire, chez les espèces ne subissant pas ce phénomène, la possibilité de s'adapter s'accroît avec l'âge.

Dans leur étude sur le développement de la régulation osmotique et ionique chez la truite à tête d'acier, CONTE et WAGNER (1965) indiquent un taux de survie de 70 à 100 % pour des truites de 16 à 18 cm après un séjour de 30 jours à une salinité de 30 ‰, un taux de 50 % pour des individus de 13 à 15 cm.

A la suite des captures de truites en mer, MAURIN décrit en 1965 les expériences qu'il a entreprises sur l'acclimatation de *Salmo t. fario* et de *Salmo g. irideus* à l'eau salée. Il en tire deux conclusions essentielles :

1) seuls les *Salmo t. fario* provenant plus ou moins directement de piscicultures maritimes ou plus spécialement d'œufs danois ont atteint la salinité de 30 ‰. Les truites autochtones ont subi de fortes mortalités ;

2) les *Salmo g. irideus* ont également survécu jusqu'à cette salinité, mais avec un taux de mortalité de 50 %.

Ces premiers résultats, encore partiels, nous ont engagé à poursuivre les expériences afin de pouvoir déboucher sur une méthodologie praticable industriellement.

## II. - Expériences réalisées au laboratoire.

Plusieurs séries d'expériences ont été menées en laboratoire au Centre de Sète de l'I.S.T.P.M., sur des truites *Salmo g. irideus* et *Salmo trutta fario* <sup>(1)</sup>. Certaines consistaient à observer le comportement et à établir le temps de survie moyen d'individus plongés brusquement dans une eau ayant une salinité connue et fixe. D'autres comportaient des essais d'adaptation à des salinités croissantes. Les tests furent faits sur les poissons à divers stades de leur développement : alevins vésiculés de 12 à 20 mm de longueur, alevins de 3 à 5 cm, truitelles de 10 à 15 cm et truites de 18 à 25 cm. Chaque lot fut étudié parallèlement à un lot-témoin d'individus identiques élevés en eau douce et n'a servi qu'à une seule expérience. Enfin, des truites de 18 à 25 cm appartenant aux deux espèces ont fait l'objet d'essais de saumonisation par alimentation naturelle.

Les installations utilisées ont varié selon la taille des poissons. Il s'agit de systèmes de distribution d'eau en circuit ouvert pour les alevins, en circuit fermé pour les truitelles et les truites, ce dernier système nécessitant un traitement de l'eau (filtration, régénération, oxygénation) et assurant la thermorégulation du milieu.

### 1° Conditions d'expérience.

#### 1) Conditions de milieu.

La truite, plus que tout autre poisson, est très exigeante quant à la qualité de l'eau. En milieu aquatique artificiel, de nombreux paramètres entrent en ligne de compte et compliquent encore les conditions de croissance. Dès lors, il est nécessaire, au cours d'un élevage réalisé en dehors des conditions naturelles, d'équilibrer au mieux l'élément dans lequel vivront les poissons. Nous avons donc dû définir tout d'abord quelles doivent être les caractéristiques de cette eau. Ensuite, nous avons contrôlé quotidiennement les conditions de milieu pendant toute la durée des expériences.

##### a) Oxygène et température.

Les besoins en oxygène dissous sont très importants chez les truites. Des expériences menées par COBLE (1961) sur des truites « steelhead » montrent un retard certain de la croissance et une survie limitée des alevins lorsque la concentration en oxygène est trop faible au moment de l'éclosion. Dans des conditions analogues, SHUMWAY, WARREN et DOUDOROFF (1964) constatent une réduction du tiers de la longueur des alevins nouveaux-nés et un fort pourcentage d'individus anormaux. Tenant compte de ces faits, il a fallu tenter de maintenir le taux d'oxygène dissous de l'eau d'élevage à un niveau assez élevé, niveau compris entre 7 et 13 mg/litre. Cette latitude de sécurité était justifiée par les changements intervenant à tous moments dans le milieu. En effet, la solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de différents paramètres : elle diminue lorsque la température s'élève ou que la salinité augmente ; la quantité de cet élément diminue également si la valeur pondérale des matières organiques en solution augmente. A l'aide des Tables océanographiques internationales (1973), nous avons relevé les solubilités maximales de l'oxygène, à pression normale (760 mm de mercure), dans des eaux à différentes températures et différentes salinités. Les courbes représentées sur la figure 22 montrent clairement, par exemple, qu'à 10° C l'eau douce peut absorber 11,3 mg d'oxygène par litre alors que l'eau à 36,0‰ de salinité n'en absorbe que 9,0 mg. A 30° C, l'eau douce est déjà saturée avec 7,5 mg d'oxygène et l'eau salée (36,0‰) avec seulement 6,2 mg.

La teneur en oxygène dissous a été journalièrement déterminée par la méthode de WINKLER (1888) modifiée par JACOBSEN (1921).

Au même titre que l'oxygène, la température revêt une grande importance pour le développement des truites. Des eaux froides sont souvent recommandées pour les périodes d'incubation, d'éclosion et de début de croissance des alevins. En effet, ces eaux ont une grande capacité d'absorption de l'oxygène. Pourtant, des températures basses, inférieures à 10° C par exemple,

(1) LANDREIN. — C.I.E.S.M. 1970, « Adaptation des truites *Salmo g. irideus* et *Salmo t. fario* au milieu marin ».

LANDREIN. Science et Pêche 1973, « Elevage de truites en milieu marin ».

entraînent une baisse du métabolisme, donc une diminution de l'alimentation et, par conséquent, un ralentissement de la croissance. Si cette dernière est d'autant plus rapide que la température est plus élevée, il existe cependant une limite. Nous verrons d'ailleurs plus loin des exemples concrets d'élevages à différentes températures et leurs avantages. Il faut toutefois préciser que les conditions de vie dans les bacs d'élevage n'étant pas toujours très favorables, nous avons choisi des températures assez basses afin de disposer d'une plus grande quantité d'oxygène dissous. Ces températures sont : 13° C pour les œufs et les alevins, 11° C (avec des minima de 9° C et des maxima de 15° C) pour les truitelles et les truites.

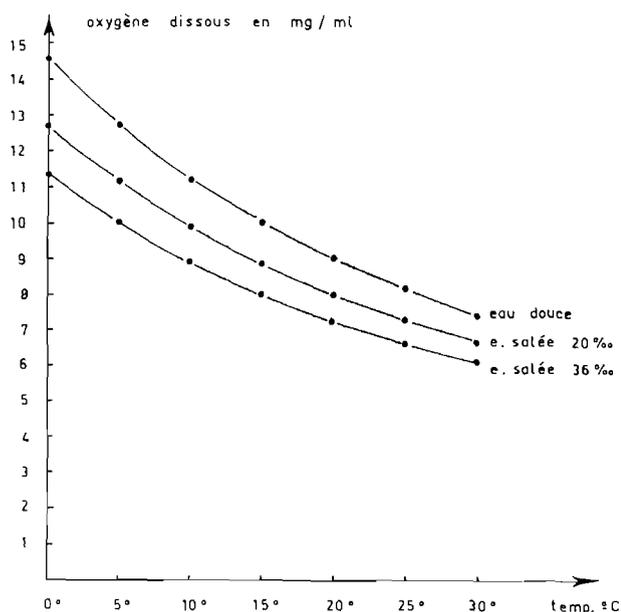


FIG. 22. — Courbe de solubilité de l'oxygène à pression normale, selon la température, dans l'eau douce et l'eau salée.

Un autre facteur important, susceptible de modifier à tout moment la quantité d'oxygène disponible dans l'eau, est la présence de matières organiques consécutives à l'élevage. Ces matières, en se dégradant, consomment une partie de l'oxygène du milieu et contribuent à son déséquilibre. Nous avons donc dosé quotidiennement les matières organiques afin de rétablir cet équilibre en réglant les diffuseurs d'air comprimé en conséquence. La méthode de dosage utilisée est celle décrite par GIRAL (1927), basée sur l'oxydation de la matière organique par le permanganate de potassium. Le résultat s'exprime par le nombre de milligrammes d'oxygène nécessaire pour l'oxydation de la matière organique contenue dans un litre d'eau. En général, les taux se situaient entre 0 et 5 mg ; des valeurs supérieures impliquaient le renouvellement partiel ou total de l'eau d'élevage.

b) pH.

Les conclusions des recherches réalisées antérieurement sur les relations existant entre la croissance et le pH, c'est-à-dire la concentration du milieu en ions hydrogène, sont souvent contradictoires. SOUTHERN (1932) constate chez la truite un développement plus rapide dans des eaux alcalines que dans des eaux acides. De son côté, PENTLOW (1944) signale le peu d'influence du pH sur la croissance. MENZIES (1936) et plus récemment CAMPBELL (1961) apportent la confirmation des faits décrits par SOUTHERN en comparant des populations vivant dans différents « lochs » écossais. D'après HUET (1970), la meilleure eau piscicole se situe à un pH compris entre 7,0 et 8,0, les valeurs létales étant en général inférieures à 4,5 et supérieures à 9,2.

Les mesures que nous avons effectuées régulièrement ont donné des valeurs comprises entre 7,15 et 7,90.

c) Sels minéraux et oligo-éléments.

Parmi les sels minéraux et les oligo-éléments, indispensables à la vie des poissons, citons en premier lieu le calcium et le magnésium, éléments intimement liés au gaz carbonique par les réactions chimiques même du milieu. NISBET (in ARRIGNON, 1970) situe la quantité minimale de calcium nécessaire à 6 mg/litre, l'optimum s'étalant de 60 à 160 mg/litre. Le phosphore est présent dans l'eau sous diverses formes : phosphates, phosphore organique, phosphatases d'origine bactérienne, composés phosphorés divers. Il peut atteindre des taux de 500 mg/litre ou n'exister qu'à l'état de traces, dans une eau très pure par exemple.

En ce qui concerne les oligo-éléments, biocatalyseurs indispensables de nombreuses réactions, les plus importants sont : *le manganèse*, biocatalyseur dans la formation des enzymes, des hormones et des protéines ; *le zinc*, catalyseur de l'action des vitamines et des hormones ; *le fluor*, indispensable à la constitution du squelette ; *l'iode*, dont le rôle est particulièrement important pour la croissance comme semblent le prouver les faits rapportés par HEWITT (1939) à propos d'une écloserie de l'Idaho où la croissance des truites élevées dans cette eau riche en iode aurait été une des plus rapides des Etats-Unis ; *le bore*, intervenant dans la régulation du pH ; *le fer*, dans la synthèse du ferment respiratoire et des cytochromes ; *le cuivre*, le brome, le cadmium, le cobalt, le lithium, le strontium, l'argent, le chrome et le germanium.

Pour éviter l'épuisement total de l'eau d'élevage en sels minéraux et en oligo-éléments, nous avons dû introduire chaque semaine des petites quantités d'eau « neuve » dans le circuit.

Les expériences d'adaptation ont nécessité l'utilisation d'eau de mer. Celle-ci pouvait avoir deux origines différentes : artificielle ou naturelle, chacune présentant des avantages. La pureté de l'eau de mer artificielle est de l'ordre de 97 à 99 %, les matières étrangères dues à sa préparation étant pratiquement négligeables si on utilise des produits répondant aux exigences des codex à usage vétérinaire ou pratique. Les résultats obtenus jusqu'à présent dans ces conditions de milieu sont identiques et parfois supérieures à ceux obtenus en milieu naturel. Son utilisation reste cependant très coûteuse.

Malgré ses qualités dues surtout à sa pureté chimique et bactérienne, nous lui avons préféré l'eau de mer naturelle afin d'être, lors de nos expériences, le plus près possible des conditions de milieu existant dans la nature. L'eau salée a donc été prélevée en mer à Sète ; lorsqu'elle n'était pas assez limpide, elle était filtrée avant sa mise dans le circuit d'élevage. Avant les expériences et pendant la phase d'accroissement de la salinité, cette dernière était dosée par la méthode de KNUDSEN (1920). Le degré de salure de l'eau de mer utilisée a varié de 35,0 à 39,1 ‰ selon le lieu et l'époque du prélèvement. Il était relativement élevé par rapport à celui de l'eau dont nous avons pu disposer par la suite lors des essais en pisciculture.

d) Densité de population et débit de l'eau.

Les bacs utilisés pour les truitelles et les truites, d'un volume de 230 litres, étaient alimentés par une pompe fournissant 300 l/h, offrant ainsi un renouvellement complet de l'eau en moins d'une heure. Pour fixer la capacité des bassins en poissons, nous avons tenu compte du fait, d'une part, qu'en circuit fermé il se produit un appauvrissement progressif de l'eau et que, d'autre part, toute augmentation de la charge en poissons provoque une diminution de la croissance de ceux-ci et une augmentation de la rapidité de propagation des maladies éventuelles. En conséquence, nous n'avons jamais dépassé 3 kg de truites par bac.

## 2) Description des installations.

Nous décrirons successivement les deux installations utilisées : la première pendant l'incubation des œufs et l'alevinage, la deuxième pendant la croissance des truitelles et des truites.

a) Installation pour l'incubation et l'alevinage.

La figure 23 montre l'installation utilisée pour les expériences sur les alevins, depuis l'éclosion jusqu'à la taille de 5 cm. Elle comporte quatre unités d'élevage dont chacune (fig. 24) se compose d'un réservoir de 30 litres muni d'un robinet pour le réglage du débit de l'eau et de quatre cuves

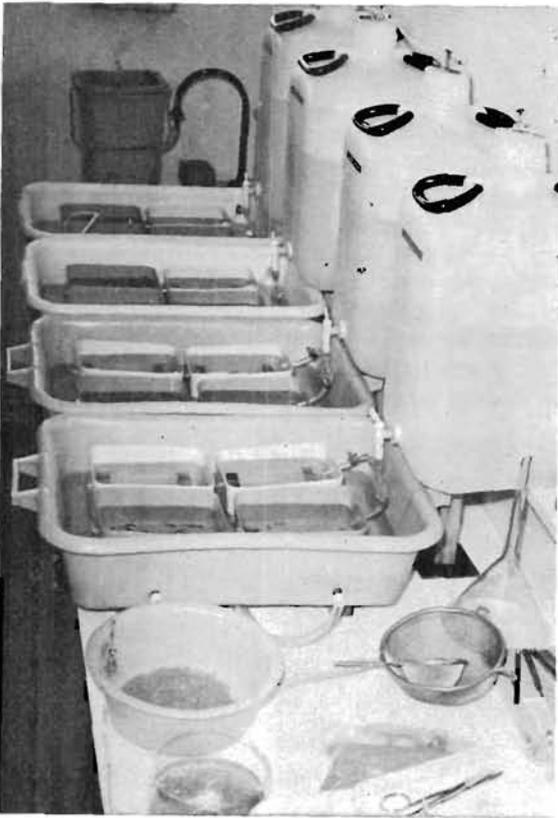


FIG. 23. — Installation utilisée pour l'incubation et l'élevage.



FIG. 24. — Unité d'élevage pour l'incubation et le début de l'élevage.

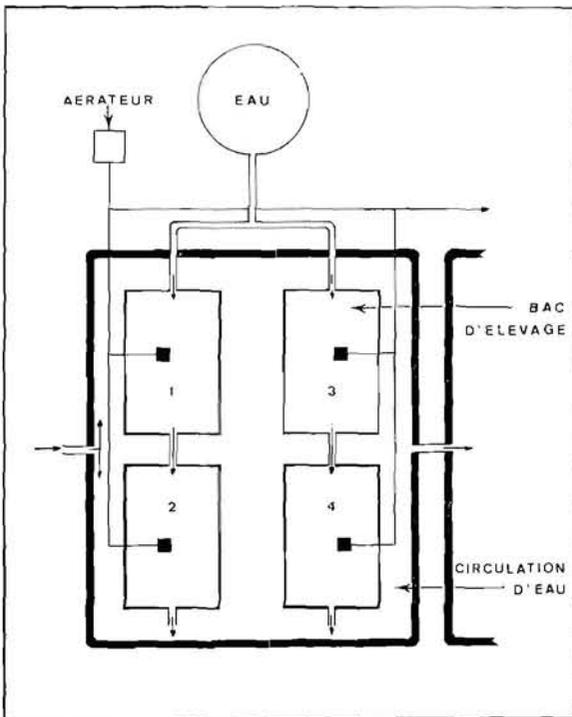


FIG. 25. — Unité d'élevage pour l'incubation et le début de l'élevage.

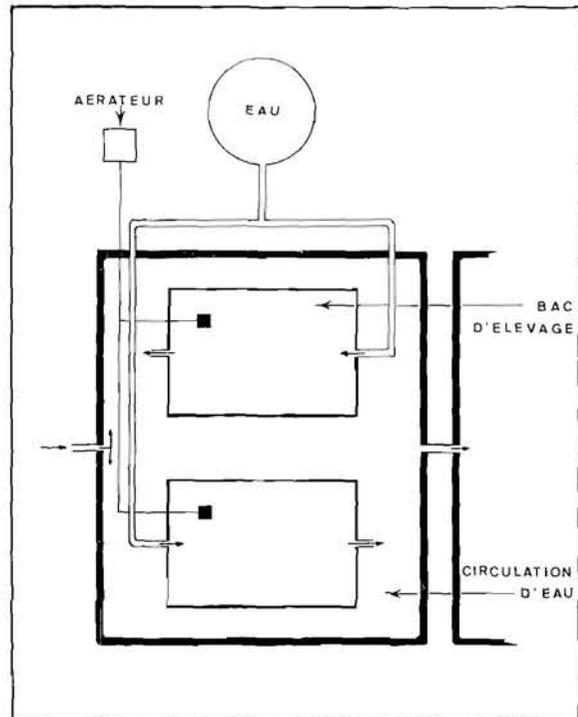


FIG. 26. — Unité d'élevage des alevins de taille supérieure à 25 mm.

de 19 cm × 14 cm × 10 cm. Les orifices d'évacuation de celles-ci sont recouverts d'un voile de matière plastique pour empêcher la fuite des alevins. Un compresseur relié à un réseau distributeur fournit à chaque cuve la quantité d'air nécessaire. Pendant l'incubation, deux cuves par unité sont pourvues de claies pour le dépôt des œufs ; il s'agit de baguettes de verre fixées à leurs extrémités sur des tasseaux de bois (fig. 25). Ainsi, la surélévation de deux centimètres obtenue permet aux souillures de tomber au fond et à l'eau de circuler tout autour des œufs. Les deux autres cuves reçoivent les alevins vésiculés au fur et à mesure de leur éclosion. Lorsque les alevins ont dépassé 25 mm, les quatre cuves furent remplacées par deux plus grandes mesurant 24 cm × 18 cm × 12 cm (fig. 26). Une circulation d'eau extérieure a permis de maintenir la température de l'eau d'élevage à 13° C. L'entrée directe des rayons du soleil et la présence de poussières risquant de nuire au bon développement des œufs ont été évitées.

b) Installation pour l'élevage des truitelles et des truites.

Les poissons de plus grande taille disposaient de bacs de 250 litres en fibrociment. Comme le montre la figure 27, ces installations fonctionnent en circuit fermé. De bonnes conditions de filtration sont alors indispensables. En effet, les déchets provenant des aliments non ingérés

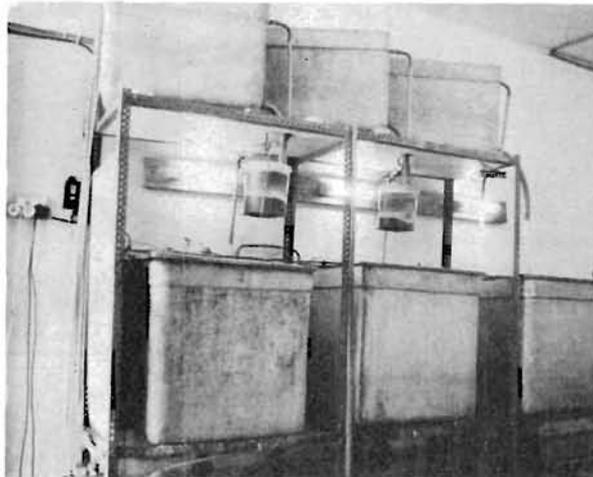


Fig. 27. — Installation utilisée pour les truitelles et les truites.

et des déjections des poissons contribuent au développement des bactéries et à la formation de matières organiques, provoquant un épuisement rapide du milieu en oxygène dissous. Pour éviter ces inconvénients, l'eau des bacs d'élevage, rapidement décantée, est refoulée par une pompe vers les filtres placés au-dessus de ceux-ci. Après son passage dans une première matière filtrante relativement grossière, elle traverse une masse plus fine avant d'être régénérée par l'action du charbon actif. Elle se déverse alors à nouveau dans les bacs (fig. 28).

*Bacs d'élevage.* Chaque lot de truites est placé dans un bac en fibrociment dont le fond est aménagé en pente douce vers un orifice central d'évacuation muni d'une vanne. Après la distribution de nourriture, le surplus alimentaire est immédiatement enlevé par écumage et siphonnement. Un récipient de verre amovible vissé au-dessous du bac reçoit par simple décantation les éléments les plus lourds (aliments non ingérés, matières d'excrétion) lors du passage de l'eau (fig. 29). Chaque bac est muni d'une pompe refoulant 300 litres d'eau à l'heure vers les filtres situés à 2,50 m de hauteur. Pour limiter les effets de l'action corrosive de l'eau salée sur les métaux, la matière plastique est employée le plus souvent possible, pour la tuyauterie en particulier.

*Système de filtration.* Une première filtration grossière a lieu au travers d'une matière synthétique neutre, le perlon. Cette matière empêche le colmatage trop rapide du filtre suivant. Elle est lavée ou remplacée plusieurs fois par semaine selon le nombre de poissons et la quantité

de nourriture distribuée. Une deuxième filtration, plus fine, clarifie totalement l'eau. La matière filtrante, contenue dans un bac en fibrociment de 70 cm × 30 cm × 50 cm, est constituée de

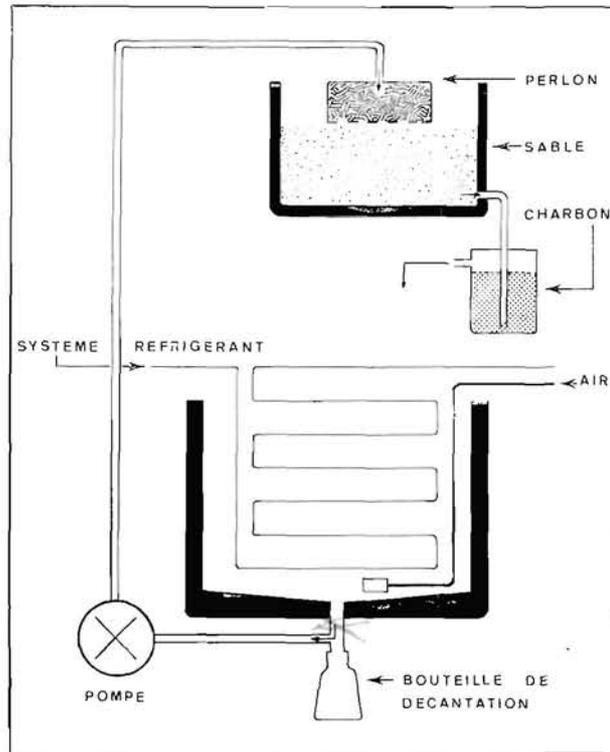


FIG. 28. — Plan de l'installation utilisée pour l'élevage des truitelles et des truites.

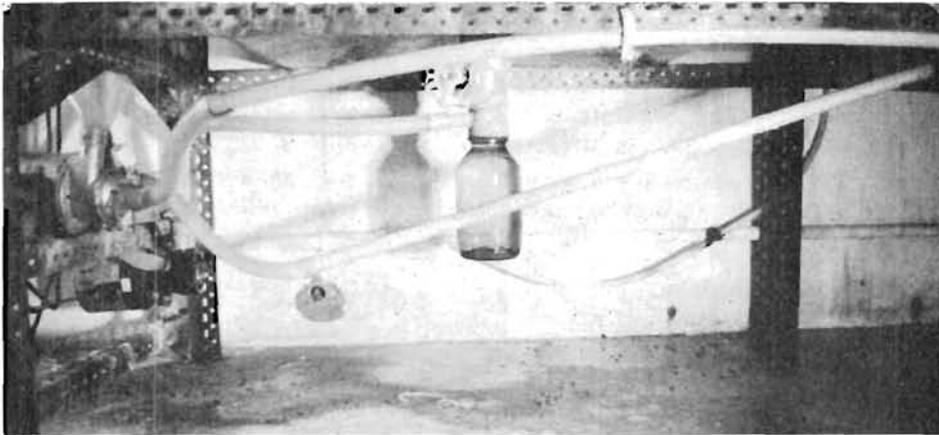


FIG. 29. — Détail : vanne, bouteille à décantation et pompe.

sable. Une couche de gravillons en tapisse le fond, soutenant le sable et drainant l'eau. A la surface du filtre, une couche d'eau de 20 cm en augmente la charge, donc le débit ; sa hauteur est contrôlée par un « trop plein » s'écoulant dans le bac d'élevage. Le sable est changé lorsque son encrassement provoque un ralentissement notable du débit.

*Régénération.* Cette opération nécessite le passage de l'eau filtrée dans du charbon actif afin d'éliminer certains gaz, matières organiques et bactéries, tout en laissant intacts les sels minéraux. L'eau arrive au fond d'un récipient en polyéthylène contenant le charbon. Elle remonte au travers de celui-ci jusqu'à la partie supérieure, d'où elle se déverse dans le bac (fig. 30). Pour augmenter le temps de contact entre l'eau et la masse adsorbante, nous avons choisi un récipient plus haut que large. Un contrôle mensuel permet d'estimer l'efficacité de ce filtre en testant son action sur une solution de bleu de méthylène.

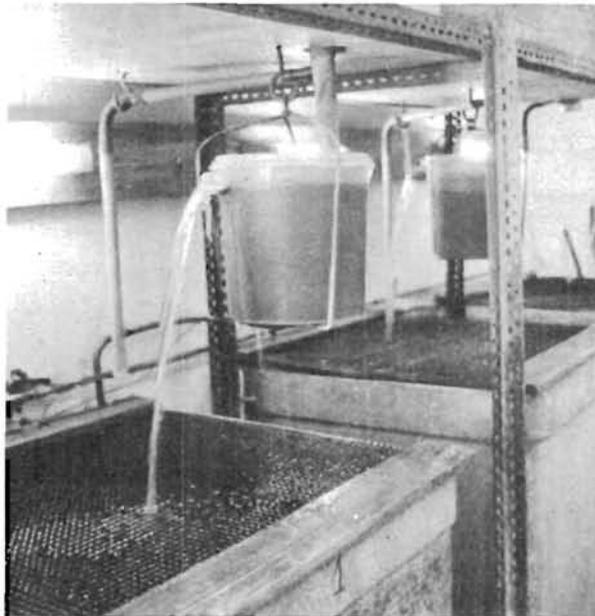


FIG. 30. — *Détail* : filtre à charbon actif.

*Oxygénation.* En bassins expérimentaux, l'aération est un facteur primordial qui pallie la déficience des échanges entre l'eau et l'air ambiant et permet de maintenir une densité de population relativement élevée. L'air est distribué par des diffuseurs minipores assurant une bonne dissolution de l'oxygène dans l'eau. Ils sont reliés à un compresseur à faible pression. Des robinets permettent de régler le débit selon la quantité d'oxygène désirée.

*Température.* Elle est maintenue à la valeur choisie par un système réfrigérant comprenant un thermostat, une sonde et un serpentin contenant du fréon relié à un compresseur.

## 2° *Expérimentation et résultats.*

### 1) *Adaptation à l'eau de mer.*

Les essais d'adaptation ont débuté dès l'éclosion sur des alevins issus d'œufs fécondés et incubés au laboratoire ; les géniteurs provenaient d'une pisciculture de l'Aude. Les truitelles et les truites *Salmo trutta fario* et *Salmo gairdneri irideus* ayant servi aux expériences concernant les poissons de taille supérieure à 5 cm avaient été fournies par cette même pisciculture et par la Fédération des Associations de Pêche et de Pisciculture de l'Hérault.

#### a) *Fécondation et incubation.*

Nous avons pratiqué la fécondation artificielle à partir de géniteurs mûrs au mois de février (fig. 31). Les œufs obtenus par pression de l'abdomen de la femelle sont immédiatement

recouverts par la laitance du mâle. Le tout est alors mélangé avec précaution puis versé dans un récipient contenant de l'eau ordinaire. Après une nouvelle agitation, suivie d'un repos de 20 à 30 minutes, l'excès de laitance est éliminé par lavages successifs des œufs. Ces derniers, débarrassés des impuretés, sont rangés en une seule couche sur les claies. Ils mesurent entre 4 et 6 mm.



FIG. 31. — Fécondation artificielle.

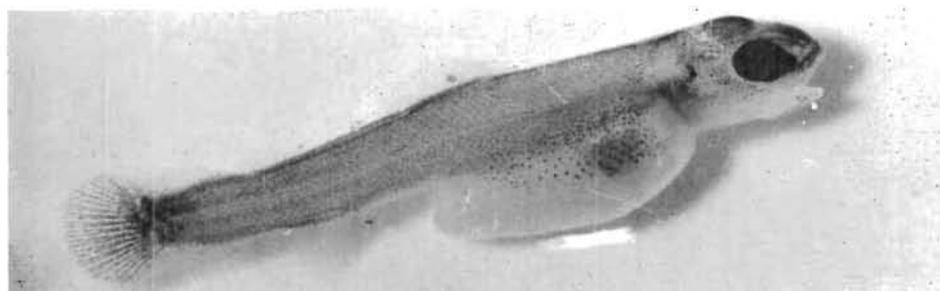


FIG. 32. — Alevin vésiculé.

b) Eclosion ; alevins vésiculés.

L'incubation, ou temps s'écoulant entre la fécondation et l'éclosion, a duré de 31 à 35 jours pour *Salmo trutta fario* et de 22 à 26 jours pour *Salmo gairdneri irideus*, l'éclosion des œufs s'étalant sur plusieurs jours.

Les alevins nouvellement nés mesurent en moyenne 15 mm (de 12 à 16 mm). On sait qu'ils sont porteurs d'un sac vitellin apparent, contenant les éléments nutritifs leur permettant de vivre sans apport extérieur de nourriture pendant la période dite de « résorption vésiculaire » (fig. 32). Peu à peu les alevins s'allongent et se pigmentent ; les nageoires se forment, leur conférant une mobilité accrue. L'alimentation débute à la fin de cette période, au moment où, la vésicule étant presque totalement résorbée, le tube digestif est devenu fonctionnel. Quatre distributions quotidiennes d'aliments composés, présentés sous forme de poudre (farine-démarrage),

sont données aux alevins (fig. 33). La première série d'expériences d'acclimatation débute dès l'éclosion. Les alevins sont alors partagés en six lots égaux de 50 individus, soumis aux mêmes conditions de milieu quant à la température, au pH, à la quantité d'oxygène dissous disponible et à la lumière. Le premier lot est gardé en eau douce afin de servir de référence. Le deuxième

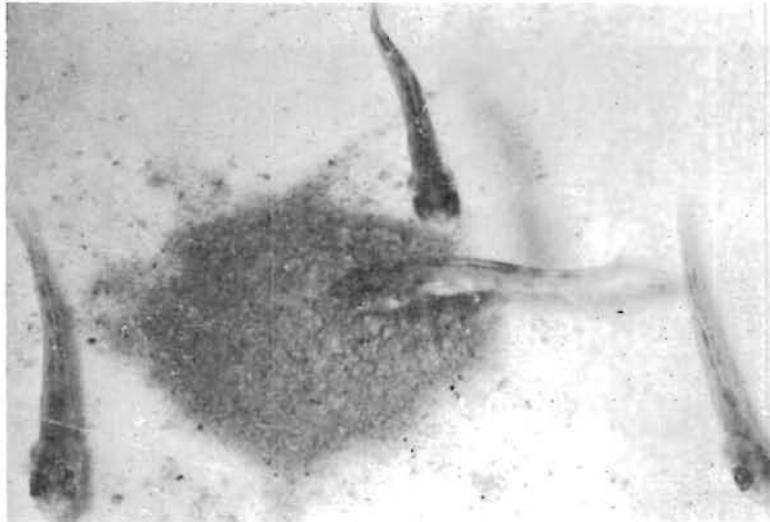


FIG. 33. — Alevins se nourrissant.

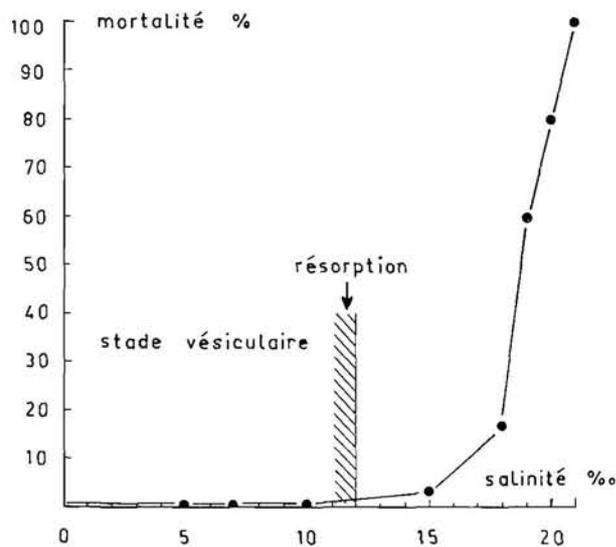


FIG. 34. — Mortalité cumulée des alevins des deux espèces au cours d'une adaptation à la salinité dès l'éclosion (LANDREIN, 1973).

est placé directement dans une eau salée à 8‰, mélange d'eau douce et d'eau de mer, le troisième dans une eau salée à 15‰, le quatrième dans une eau à 25‰, le cinquième dans une eau à 35‰. Le sixième est mis dans de l'eau douce à laquelle on ajoute régulièrement de l'eau de mer, réalisant ainsi une augmentation progressive de la salinité de deux grammes tous les trois jours. Dans cette expérience, la résorption de la vésicule s'est achevée alors que la salinité était comprise entre 10 et 12‰.

### Résultats.

Les alevins vésiculés des deux espèces, mis brusquement à 8 ‰, supportent bien cette salinité. Ils vivent et se développent de façon comparable aux témoins. Cependant, la résorption de la poche vitelline est plus rapide qu'en eau douce. C'est ainsi qu'à température égale, elle dure de 12 à 13 jours pour *Salmo trutta fario* au lieu de 16 à 18 jours en eau douce; de même, 10 à 11 jours sont nécessaires pour *Salmo gairdneri irideus* au lieu de 13 à 14 jours.

Dans un milieu à 15 ‰, les alevins vésiculés résistent cinq jours, tandis qu'à 25 ‰ leur survie n'est plus que de 20 heures. Ils meurent après un séjour de trois heures trente dans une eau à 35 ‰.

Lorsque la salinité s'élève progressivement, leur résistance est meilleure (fig. 34). La mortalité reste à peu près nulle (1 %) jusqu'à la résorption de la vésicule qui s'effectue entre 10 et 12 ‰. Elle devient plus sensible, 3,5 ‰ à 15 ‰ pour atteindre 17 ‰ à 18 ‰. A partir de ce taux la mortalité augmente rapidement: à 19 ‰, 60 % des alevins sont morts. A 20 ‰, il n'y a plus que 20 % de survivants; ces derniers atteignent la salinité de 21 ‰ mais sont incapables de résister à cette concentration.



FIG. 35. — Alevin à vésicule résorbée.

### c) Alevins de 3 à 5 cm.

Les alevins, élevés au laboratoire en eau douce jusqu'à la taille de 3 cm, reçoivent à ce stade deux distributions quotidiennes d'aliments composés, sous forme de micro-granulés. Ils ont déjà les caractères morphologiques spécifiques de leur espèce (fig. 35 et 36).

Ayant constaté que l'acclimatation était plus aisée lors d'une augmentation graduelle de la salinité que lors d'immersions brusques à des taux déterminés, nous avons soumis les alevins de cette taille à un essai d'adaptation progressive. Dans ce but et toujours parallèlement à un témoin en eau douce pour chaque espèce, l'eau d'élevage a subi une élévation du taux de salure de 1 gramme ‰ par jour.

### Résultats.

Si pour des tailles inférieures à 3 cm on ne constate pratiquement aucune différence de comportement entre les alevins des deux espèces, on s'aperçoit que les poissons de 3 à 5 cm réagissent différemment à une augmentation de salinité, selon l'espèce à laquelle ils appartiennent. En effet, bien que les alevins de *Salmo trutta fario* parviennent, comme ceux de *Salmo gairdneri irideus*, jusqu'au seuil de 29 ‰ (qu'ils ne supportent que quelques heures), la mortalité des premiers commence lorsque les eaux atteignent une salinité de 10 ‰. Elle affecte 55 % des individus lorsqu'elle passe à 20 ‰, alors que la mortalité des seconds ne débute qu'à un taux de 15 ‰ et n'atteint que 30 % du lot à une concentration de 20 ‰. A une salinité de 20 à 27 ‰, ce taux de mortalité augmente jusqu'à 95 % pour les « *fario* » et 80 % pour les « *irideus* »; ces chiffres sont portés sur la figure 37.

Du point de vue morphologique, un fait est à remarquer: les alevins élevés en eau salée ont une coloration beaucoup plus claire que les témoins restés en eau douce, surtout chez *Salmo gairdneri irideus*.

d) Truitelles de 10 à 15 cm.

Les truitelles des deux espèces, placées dans les bacs en fibrociment fonctionnant en circuit fermé à raison de 60 individus par bac ont reçu, pendant les expériences, une nourriture naturelle exclusivement marine puisque uniquement composée de moules.

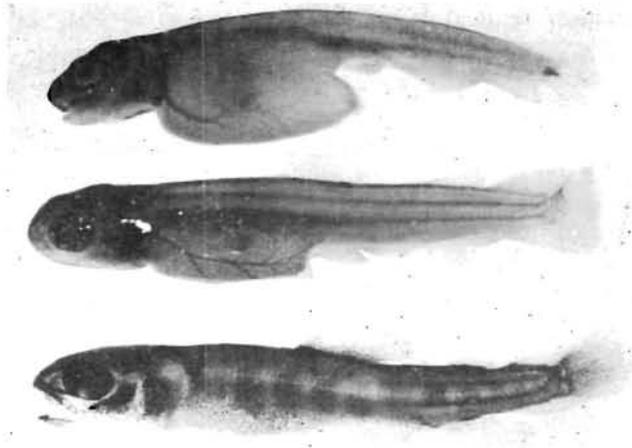


FIG. 36. — Alevins en eau salée à 15‰ (trois stades de développement).

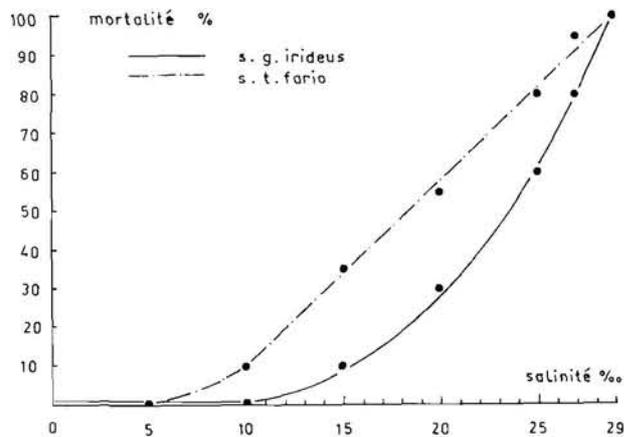


FIG. 37. — Mortalité cumulée des alevins de 3 à 5 cm au cours de l'adaptation progressive à l'eau de mer (LANDREIN, 1973).

Désirant connaître l'influence de la durée de la période d'accroissement de la salinité sur les possibilités d'adaptation des truitelles, nous avons soumis ces dernières à trois rythmes différents d'élévation de salure :

- une augmentation graduelle de 0 à 37‰ en 28 jours à raison de 1,3 gramme‰ par jour ;
- une augmentation en 36 jours à raison de 1 gramme‰ par jour ;
- une augmentation en 47 jours à raison de 0,8 gramme‰ par jour.

#### Résultats.

Les différences de comportement selon l'espèce, déjà constatées à propos des alevins de 3 à 5 cm, s'accroissent pour les truitelles de 10 à 15 cm. De plus, si en fin de compte 40 à 60 %

des individus des deux espèces s'adaptent à une eau de mer à 37‰, la mortalité ne se répartit pas de façon identique en cours d'expérience, selon le rythme d'augmentation considéré.

Chez *Salmo trutta fario*, comme le montre la figure 38, la mortalité est de 10 % pour une salinité de 15‰ lors d'une adaptation selon le rythme rapide, de 5 % selon le rythme moyen, alors qu'elle ne débute qu'à 18‰ selon le rythme lent. A ce même taux de salinité, 50 % des individus sont morts au cours du premier essai (rythme rapide) et 30 % au cours du second (rythme moyen). En poursuivant l'expérience jusqu'au taux final de 37‰, la mortalité s'intensifie pour atteindre respectivement 60 % pour le rythme rapide, 55 % pour le rythme moyen et 40 % pour le rythme lent.

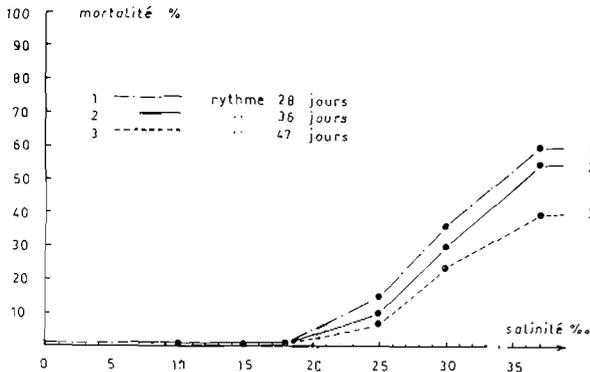


FIG. 38. — *Salmo trutta fario* : truitelles de 10 à 15 cm. Mortalité cumulée au cours de l'adaptation progressive à l'eau de mer selon le rythme d'accroissement de la salinité (LANDREIN, 1973).

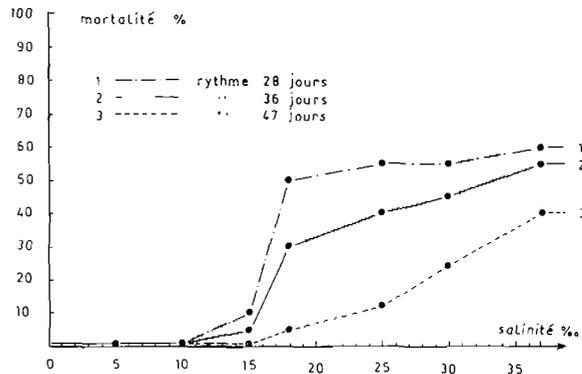


FIG. 39. — *Salmo gairdneri irideus* : truitelles de 10 à 15 cm. Mortalité cumulée au cours de l'adaptation progressive à l'eau de mer selon le rythme d'accroissement de la salinité (LANDREIN, 1973).

Chez *Salmo gairdneri irideus*, 40 à 60 % des truitelles s'accliment également et résistent à la salinité maximale. La mortalité n'apparaît qu'à partir de 25‰. Elle est respectivement de 36, 30 et 24 % selon le rythme étudié, dans une eau à 30‰, et 60, 55 et 40 % en fin d'expérience. La figure 39 rassemble ces résultats.

Il est intéressant de noter que, si les truitelles des deux espèces s'adaptent à des salinités aussi élevées dans les proportions indiquées ci-dessus, la croissance des « *irideus* » est moins rapide que celle du lot-témoin resté en eau douce, tandis que celle des « *fario* » est nulle, ces dernières perdant leur appétit d'autant plus vite d'ailleurs que l'accroissement de la salinité est rapide.

e) Truites de 18 à 25 cm.

Les truites de cette taille, appartenant aux deux espèces, ont fait l'objet de six expériences d'adaptation à une salinité croissante pendant des périodes allant de 11 jours à 2 mois  $\frac{1}{2}$ .

La première expérience est basée sur une période d'augmentation du taux de salinité limitée à 11 jours. Les cinq additions successives d'eau de mer correspondent à un accroissement de 7 g/l jusqu'au taux de 22‰ puis de 8 g/l jusqu'au taux final de 38‰. Leur répartition se fait de la manière suivante :

1 <sup>er</sup> jour	.....	salinité nulle
2 <sup>e</sup> »	accroissement de salinité de 8 g/l,	salinité atteinte 8‰
4 <sup>e</sup> »	»	7 » 15 »
6 <sup>e</sup> »	»	7 » 22 »
9 <sup>e</sup> »	»	8 » 30 »
11 <sup>e</sup> »	»	8 » 38 »

La seconde expérience dure 31 jours. Les augmentations de salinité de 4 g/l sont distribuées comme suit :

1 <sup>er</sup> jour	.....	salinité nulle
2 <sup>e</sup>	» accroissement de salinité de 6 g/l,	salinité atteinte 6‰
5 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 10 »
8 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 14 »
11 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 18 »
15 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 22 »
19 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 26 »
23 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 30 »
27 <sup>e</sup>	» » » 4 »	» 34 »
31 <sup>e</sup>	» » » 4,5 »	» 38,5 »

La troisième et la quatrième s'étendent toutes deux sur une période de 45 jours, mais l'accroissement de la salinité se fait selon deux progressions différentes : l'une par additions tous les quatre jours de quantités d'eau de mer correspondant à des augmentations régulières de 3 g/l, l'autre par additions, tous les quatre jours également, de quantités décroissantes d'eau de mer correspondant à 6 et 5 g/l au début, puis à 3 g/l et enfin 2 g/l. On peut voir ci-dessous, par comparaison, les salinités atteintes après chaque addition d'eau de mer au cours des deux expériences parallèles « a » et « b » :

expérience « a »

1 <sup>er</sup> jour	.....	salinité nulle
2 <sup>e</sup>	» accroissement de salinité de 5 g/l,	salinité atteinte 5‰
5 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 8 »
9 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 11 »
13 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 14 »
17 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 17 »
21 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 20 »
25 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 23 »
29 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 26 »
33 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 29 »
37 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 32 »
41 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 35 »
45 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 38 »

expérience « b »

1 <sup>er</sup> jour	.....	salinité nulle
2 <sup>e</sup>	» accroissement de salinité de 6 g/l,	salinité atteinte 6‰
5 <sup>e</sup>	» » » 5 »	» 11 »
9 <sup>e</sup>	» » » 5 »	» 16 »
13 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 19 »
17 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 22 »
21 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 25 »
25 <sup>e</sup>	» » » 3 »	» 28 »
29 <sup>e</sup>	» » » 2 »	» 30 »
33 <sup>e</sup>	» » » 2 »	» 32 »
37 <sup>e</sup>	» » » 2 »	» 34 »
41 <sup>e</sup>	» » » 2 »	» 36 »
45 <sup>e</sup>	» » » 2 »	» 38 »

La cinquième expérience dure deux mois et consiste à augmenter la salinité jusqu'à 14‰

pendant la première quinzaine, puis plus lentement, à raison de 2 g/l par semaine jusqu'à 20 ‰ et enfin plus rapidement de 3, 4 et 5 g/l par semaine jusqu'à la salinité finale de 37 ‰ :

jour 1	.....	salinité nulle
1 <sup>re</sup> semaine,	accroissement de salinité de 10 g/l,	salinité atteinte 10 ‰
2 <sup>e</sup>	»	4 »
3 <sup>e</sup>	»	2 »
4 <sup>e</sup>	»	2 »
5 <sup>e</sup>	»	2 »
6 <sup>e</sup>	»	3 »
7 <sup>e</sup>	»	4 »
8 <sup>e</sup>	»	5 »
9 <sup>e</sup>	»	5 »

La sixième expérience s'étend sur une durée de deux mois  $\frac{1}{2}$ . L'allongement de deux semaines de la période d'adaptation porte sur les quatre dernières semaines, c'est-à-dire lorsque la salinité est la plus forte :

jour 1	.....	salinité nulle
1 <sup>re</sup> semaine,	accroissement de salinité de 10 g/l,	salinité atteinte 10 ‰
2 <sup>e</sup>	»	3 »
3 <sup>e</sup>	»	3 »
4 <sup>e</sup>	»	2 »
5 <sup>e</sup>	»	2 »
6 <sup>e</sup>	»	2 »
7 <sup>e</sup>	»	2 »
8 <sup>e</sup>	»	3 »
9 <sup>e</sup>	»	3 »
10 <sup>e</sup>	»	4 »
11 <sup>e</sup>	»	4 »

### Résultats.

Les truites de 18 à 25 cm appartenant aux deux espèces ont toutes supporté l'élévation de la salinité jusqu'à 38 à 39 ‰. Par contre, leur croissance et leur survie dans ce milieu ont varié selon le rythme d'accroissement de cette salinité. Ainsi, une période rapide d'adaptation de 11 jours (1<sup>re</sup> tabl.) les perturbe physiologiquement. A partir d'une salinité de 15 ‰ leur appétit diminue, puis devient très faible à 22 ‰ et disparaît complètement à 29 ‰. Les sujets meurent après un séjour d'une semaine en eau de mer.

Si l'expérience dure un mois (2<sup>e</sup> tabl.), aucune mortalité n'apparaît par la suite chez les poissons. Pourtant, chaque augmentation du taux de salinité se traduit par une diminution de l'activité alimentaire chez *Salmo gairdneri irideus* et un arrêt presque total de celle-ci chez *Salmo trutta fario*. Cette perte d'appétit, passagère au début de l'expérience, devient définitive. Aucune croissance n'a été possible dans ces conditions.

Lorsque l'adaptation est échelonnée sur un mois et demi, le comportement des poissons est meilleur. Les truites des deux lots supportent le rythme d'accroissement de la salinité auquel elles sont soumises. Pour le premier, la progression est régulière (3 g/l tous les quatre jours, 3<sup>e</sup> tabl.), pour le second la progression est rapide jusqu'à 16 ‰, moyenne jusqu'à 28 ‰ et plus lente jusqu'au taux final de 38 ‰ (4<sup>e</sup> tabl.). Il est intéressant de noter que, dans le deuxième cas, les truites réagissent bien à des additions d'eau de mer de 5 à 6 grammes tous les 3 ou 4 jours tant que la salinité ne dépasse pas 16 ‰. A partir de cette valeur, les truites semblent traverser une période difficile. Leur activité motrice se ralentit, leur appétit diminue, surtout chez *Salmo trutta fario*. Ce n'est qu'après avoir dépassé 20-22 ‰ qu'elles retrouvent un comportement plus normal.

L'expérience suivante (5<sup>e</sup> tabl.) confirme les résultats précédents. Le rythme d'accroissement de la salinité est très bien supporté par les truites. Une élévation rapide de la salure jusqu'au taux de 14 ‰ ne les affecte pas. Une augmentation plus lente entre les taux de 14 et 20 ‰

leur permet de traverser plus aisément cette période critique. Des additions plus importantes d'eau de mer dans les trois dernières semaines n'apportent aucune gêne apparente; l'activité motrice et l'appétit sont normaux chez les truites des deux espèces. Ces dernières ont vécu normalement au laboratoire pendant 83 jours à une salinité variant entre 38 et 39,1‰. Aucune mortalité n'a été observée. Les poissons ont alors été utilisés pour les essais en mer.

Une adaptation en deux mois et demi (6<sup>e</sup> tabl.) n'apporte aucune autre amélioration. De faibles augmentations de salinité espacées d'une semaine évitent tout choc aux truites. En fin d'expérience, celles-ci se trouvent parfaitement adaptées à leur nouveau milieu. Nous les avons gardées six mois en eau de mer à 38-39‰ au laboratoire pour les essais de saumonisation, sans enregistrer aucune mortalité.

## 2) Modifications chromatiques observées au cours des expériences.

### a) Coloration du corps.

L'adaptation artificielle à la vie marine s'accompagne, chez les truites que nous avons étudiées, de modifications sans doute comparables à celles présentées par les truites migrant de façon naturelle vers la mer. Ces poissons changent de livrée au fur et à mesure de leur acclimatation. Chez *Salmo trutta fario* (fig. 40), la coloration générale s'éclaircit avec l'augmentation de la salinité. Le ventre, jaunâtre en eau douce, devient blanc dans sa partie inférieure, en eau salée; le dos et les flancs présentent par endroits des zones argentées. Les nageoires, ainsi que les

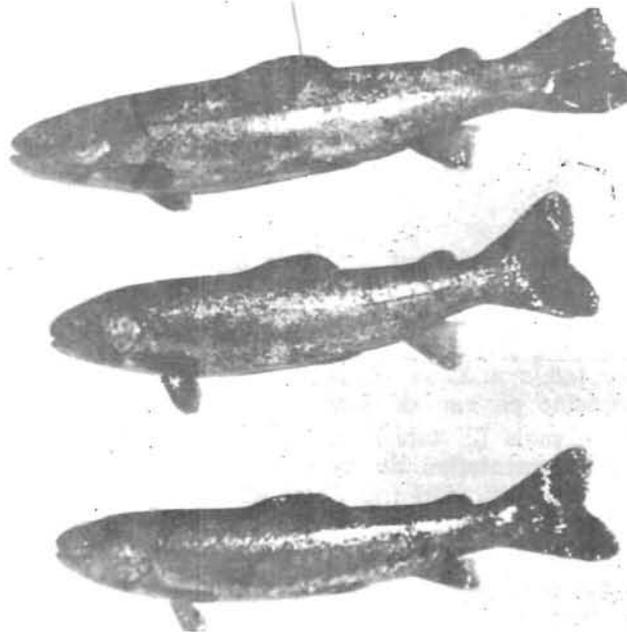


FIG. 40. — *Salmo trutta fario* en cours d'adaptation.

opercules, passent insensiblement du gris-vert foncé à une teinte jaunâtre, tandis que l'adipeuse garde sa couleur orangée. Les punctuations s'atténuent, tout en restant visibles, surtout le long de la ligne latérale. Ce n'est qu'après un séjour d'un mois en eau de mer à 38-39‰ que ces poissons ont une robe presque uniformément argentée.

Chez *Salmo gairdneri irideus*, les changements interviennent beaucoup plus rapidement (fig. 41 et 42). Ainsi, au cours de la dernière expérience d'adaptation qui s'est déroulée sur deux mois et demi, de nombreuses zones argentées sont déjà visibles alors que la salinité atteint 18‰. Le corps s'éclaircit, les opercules prennent une teinte mauve, les nageoires une teinte

jaune, la ligne latérale bleu-irisée en eau douce devient rose-mauve en eau salée, le dos gris-vert et le ventre blanc nacré. Parallèlement à l'augmentation de la salinité, les ponctuations noires, présentes sur tout le corps sur les spécimens vivant en eau douce, s'estompent pour

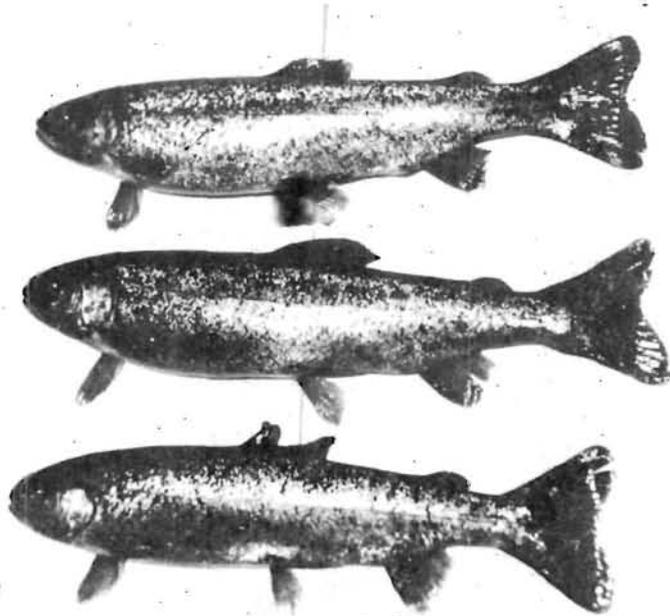


FIG. 41. — *Salmo gairdneri irideus* en cours d'adaptation.

disparaître presque complètement au-dessous de la ligne latérale. A 25‰, c'est-à-dire au cours de la septième semaine, les truites ont déjà acquis une teinte argentée uniforme due à la guanine qui recouvre leurs écailles.

En comparant la description de ces truites adaptées artificiellement à la vie marine à celle des Salmonidés capturés en mer, on ne peut s'empêcher de faire un rapprochement quant à

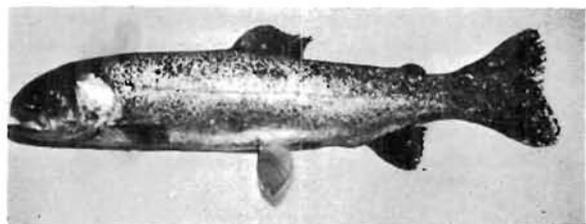


FIG. 42. — *Salmo gairdneri irideus* adaptée à une salinité de 37‰ (26-02-1971).

l'aspect extérieur, surtout en ce qui concerne l'éclaircissement général du corps, la rareté des ponctuations et l'apparition de la livrée argentée. Ces modifications externes font partie de tout un ensemble de transformations qui ont lieu, tant au niveau de l'osmorégulation et du métabolisme qu'au niveau des branchies et de la peau ; c'est la « smoltification ». Cette transformation, qui affecte tous les Salmonidés migrateurs, semble être déclenchée par un hyperfonctionnement de l'hypophyse et de la thyroïde. En effet, d'après l'expérience de divers chercheurs, notamment LANDGREBE (1941), FONTAINE et coll. (1948, 1952, 1954), SMITH (1956), BAGGERMAN (1960) et KINNE (1966), des injections intra-musculaires de thyroxine, d'extrait pur de glande pituitaire ou d'hormone de croissance purifiée, provoquent l'argentification et augmentent la tolérance à l'eau salée. Les effets produits sont donc les mêmes que ceux dus à une « smoltification » naturelle. Les truites que nous avons étudiées au laboratoire, qui ne possèdent pas de véritable instinct migrateur, ne passent pas par cette période de préparation ; elles doivent donc tenter de s'accoutumer aux changements de salinité au cours même de l'expérience, d'où leurs difficultés d'adaptation. Si elles ne parviennent pas à réaliser l'équilibre entre leur milieu

intérieur et l'environnement, elles meurent. Ainsi, plus la période d'adaptation est longue, mieux se fera cette régulation, à condition toutefois que les poissons soient suffisamment développés pour la réaliser.

A cet égard, aussi bien les essais d'adaptation à une eau fortement salée que la capture des Salmonidés en eau de mer montrent que les individus qui se sont le mieux adaptés mesurent plus de 18 cm. En effet, 10 % des truites repêchées en mer Méditerranée ont une longueur comprise entre 186 et 200 mm (moyenne : 190 mm), 65 % se situent entre 200 et 300 mm (moyenne : 240 mm), 25 % entre 300 et 400 mm (moyenne : 350 mm) <sup>(1)</sup>.

b) Saumonisation.

La saumonisation consiste en une coloration de la chair des poissons par des pigments naturels ou de synthèse. Elle revêt une grande importance lors de la commercialisation des produits. Aussi de nombreux essais ont-ils déjà été réalisés dans les pays producteurs de Salmonidés en vue de provoquer ce phénomène. Après les vaines tentatives de coloration de la chair par addition de pigments au moment du conditionnement, les efforts des chercheurs se sont orientés vers la saumonisation artificielle en cours d'élevage. BESSE (1951) obtient des saumons de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) à chair colorée, grâce à des extraits de carapace de homards cuits. Il remarque que ce phénomène ne se produit pas chez tous les individus d'une même espèce et qu'il est plus intense chez les adultes. Des truites arc-en-ciel, traitées de manière identique, ne présentent qu'une teinte à peine rosée. L'année suivante, GRANGAUD, DIEUZEIDE, MASSONET et DOUARD (1952) parviennent à saumoniser des *Salmo g. irideus* par adjonction, pendant cinq mois, à la nourriture de base, de conjonctif péristomacal d'*Aristeus antennatus* RISSO, pénécidé possédant un pigment, l'Astaxanthine, en forte concentration toute l'année. BOUTHILLIER (1961) obtient de bons résultats grâce à l'utilisation de la farine de crevettes. Plus tard, PETERSON et coll. (1966) déterminent les quantités de pigments extraits des écrevisses crues nécessaires à l'obtention d'une coloration semblable en intensité à celle d'une saumonisation naturelle. Ils expérimentent également, mais sans succès, les extraits de piment paprika et de pétales de fleurs de soucis mexicains. SCHMIDT et BAKER (1969) étudient l'effet d'un caroténoïde rouge, la canthaxanthine habituellement associée à l'Astaxanthine et au bêta-carotène chez la truite de mer. Ce pigment, maintenant synthétisé, ajouté à la ration journalière pendant 31 semaines, conduit chez la truite arc-en-ciel à une coloration très stable à la conservation, ne s'accompagnant d'aucune autre transformation. Un traitement semblable entrepris sur des Salmonidés d'eau salée tels qu'*Oncorhynchus gorbuscha* et *Salmo clarkii* donne également à leur chair une belle coloration. A l'heure actuelle, des aliments composés saumonisants sont commercialisés. Ils sont destinés à la « finition » des truites d'élevage et constituent leur alimentation pendant une période de 30 à 45 jours précédant la vente.

Pendant les essais d'adaptation, l'alimentation des truites a posé de nombreux problèmes du fait des manipulations fréquentes et des conditions de vie anormales dans les bacs ; aussi n'avons-nous pas pu faire une véritable étude de croissance. Nous avons cependant réalisé quelques expériences de saumonisation par des produits marins naturels et comparé la croissance obtenue chez les truites des deux espèces après leur acclimatation en deux mois et demi, comparativement à des truites-témoins maintenues en eau douce. Les truites ont été partagées en huit lots de 15 individus, répartis de la manière suivante :

deux lots de *Salmo trutta fario* gardés en eau de mer à 38 ‰, l'un nourri avec du foie ou de la rate, l'autre avec des produits marins (surtout crevettes, moules et seiches, accessoirement palourdes, clovisses) ;

deux lots identiques gardés en eau douce et nourris de la même façon que les deux lots précédents ;

deux lots de *Salmo gairdneri irideus* gardés en eau de mer à 38 ‰, l'un nourri avec du foie ou de la rate, l'autre avec des produits marins ;

deux lots identiques gardés en eau douce et nourris de la même façon que les deux lots précédents.

(1) La correspondance entre les poids et les tailles des truites est donnée en annexe à la fin de l'ouvrage. Normes américaines HASKELL (1959).

*Résultats.*

Les truites des deux espèces nourries avec des produits marins montrent, en eau douce comme en eau de mer, une saumonisation certaine alors que celles nourries au foie ne présentent aucun changement de coloration autre que l'aspect argenté dû au séjour en eau salée.

Les truites arc-en-ciel commencent à se saumoniser 15 jours après le début du régime alimentaire marin. En eau douce les premières manifestations de la saumonisation sont le rosissement

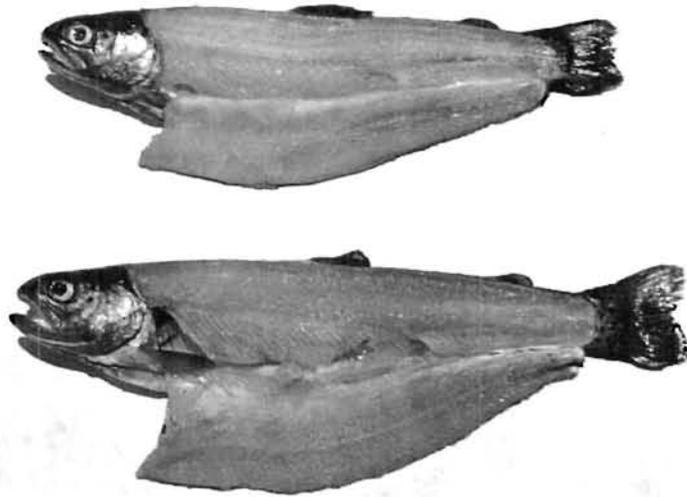


FIG. 43. — Saumonisation de la chair.

de la ligne latérale et des opercules ; les jours suivants, les nageoires pectorales, ventrales et anales prennent une teinte rose orangé. Au bout de trois semaines, la chair est déjà légèrement colorée tandis que les flancs deviennent roses et le ventre et les nageoires inférieures oranges. La saumonisation de la chair est complète au bout d'un mois (fig. 43). Si l'expérience a lieu en eau

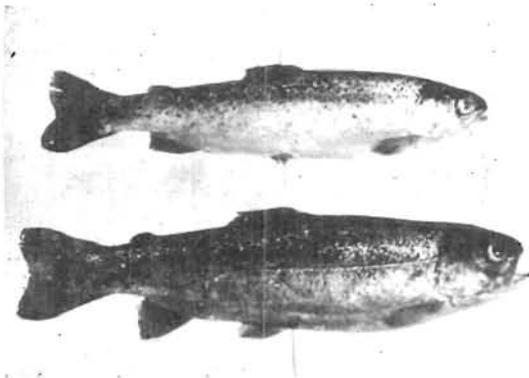


FIG. 44. — *Salmo gairdneri irideus* adaptées à l'eau de mer, nourries aux produits marins.

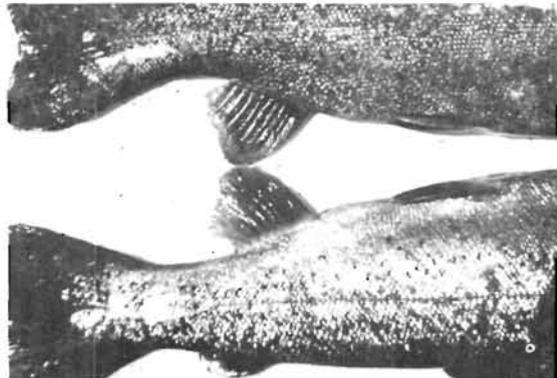


FIG. 45. — *Salmo gairdneri irideus* adaptés à l'eau de mer, nourries : au foie (en haut), aux moules (en bas).

de mer, les mêmes transformations apparaissent et viennent s'ajouter à celles dues au changement de milieu. Les truites présentent alors une coloration gris-bleu argentée sur le dos jusqu'à la ligne latérale et rose nacré sur les flancs et la partie ventrale du corps. Les nageoires sont également orangées (fig. 44 et 45).

Chez les truites communes les changements sont moins marqués. Le dos, les flancs et le ventre s'éclaircissent, les opercules prennent une teinte jaune-orangée et la chair se colore peu à peu mais de façon moins intense que chez *Salmo gairdneri irideus* (fig. 46). Pendant les périodes d'inappétence qu'elles traversent à certains moments, leur pigmentation s'estompe et ne réapparaît qu'après une nouvelle période d'alimentation normale. Les *Salmo trutta fario* soumis au même régime marin, mais gardés en eau de mer, ont une coloration générale plus claire, argentée, le ventre rosé et la chair parfois saumonée.

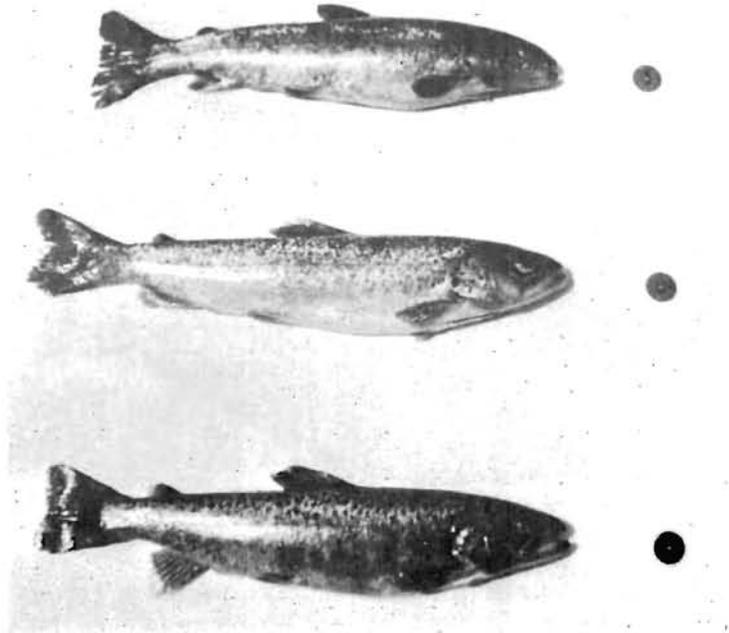


FIG. 46. — *Salmo trutta fario* adaptées à l'eau de mer : 1, nourries au foie ; 2, nourries aux moules ; 3, témoin d'eau douce.

Au terme de ces essais nous avons pu constater que les truites des deux espèces nourries au foie se sont mieux développées que les truites nourries aux produits marins. Les *Salmo gairdneri irideus* ont eu une croissance identique en eau douce et en eau de mer. En revanche, les *Salmo trutta fario* ont grossi plus vite en eau douce qu'en eau salée, ceci étant vraisemblablement la conséquence d'une adaptation plus difficile de cette espèce au milieu marin.

### Conclusion.

Les expériences réalisées au laboratoire montrent que si les truites des deux espèces étudiées sont incapables de vivre dans l'eau de mer fortement salée après leur immersion brusque dans ce milieu, elles s'acclimatent par contre fort bien, selon leur taille, si la salinité de l'eau augmente lentement et progressivement. Dès les premiers stades de leur vie ces poissons ont d'étonnantes possibilités. Ainsi, les alevins vésiculés se maintiennent en vie jusqu'à ce que l'eau atteigne une salinité de 21 ‰ mais ne survivent pas au-delà. A la taille de 3 cm, les jeunes poissons tiennent jusqu'à une salinité de 29 ‰ qu'ils ne supportent, d'ailleurs, que quelques heures. En revanche, les truitelles de 10 à 15 cm s'adaptent à l'eau salée (37 à 39 ‰) dans une proportion de 40 à 60 % selon la rapidité de l'augmentation de la salinité. Il faut que les truites aient dépassé la taille de 15 cm pour supporter le changement de milieu sans mortalité ; elles se développent alors d'autant mieux que l'accroissement de la salinité aura été plus lent. Dans les conditions d'expé-

rience du laboratoire, l'adaptation complète de poissons de 18 à 25 cm a demandé au moins un mois et demi. L'augmentation de la salinité peut être rapide jusqu'à 16 ‰ mais doit être plus lente pendant la phase critique qui correspond à des taux de 16 à 22 ‰. Entre 22 et 39 ‰, on peut opérer à nouveau plus rapidement. L'acclimatation a toujours été meilleure, quant au comportement et à la croissance, avec les truites appartenant à l'espèce *Salmo gairdneri irideus*. Au cours de leur adaptation les poissons se sont recouverts de guanine, ce qui leur donne une livrée argentée semblable à celle des truites de mer. Une alimentation riche en pigments caroténoïdes (crevettes, moules) a entraîné, en eau douce et en eau salée, une saumonisation de la chair, intense chez *Salmo gairdneri irideus*, plus discrète chez *Salmo trutta fario*.

Après les essais d'adaptation à la vie marine réalisés en laboratoire, il a paru nécessaire de poursuivre nos expériences en milieu naturel. De nouveaux essais ont donc été entrepris dans une pisciculture méditerranéenne intéressée par l'élevage de truites en eau salée.

### III. — Expériences réalisées en milieu naturel.

Les conditions de milieu rencontrées à la pisciculture étant très différentes de celles du laboratoire, une nouvelle série d'essais a été entreprise. En effet, la salinité moins forte et la température plus élevée rendent difficile l'utilisation directe des résultats obtenus dans d'autres conditions. Tout en fournissant des informations complémentaires, ces nouveaux essais devaient permettre de répondre aux questions posées par les éleveurs. Il s'agissait donc de préciser la taille des individus qui s'acclimatent le plus aisément, et surtout de déterminer la durée minimale de la période d'adaptation, période la plus coûteuse puisque nécessitant l'utilisation simultanée de deux systèmes de pompage, l'un d'eau douce et l'autre d'eau salée.

#### 1° Conditions d'expérience.

##### 1) Situation de la pisciculture.

La pisciculture, située dans le Roussillon, est installée dans le marais bordant l'étang de Salses-Leucate au lieu-dit Font Dame. Elle est alimentée d'une part par des résurgences d'eau douce provenant du massif des Corbières qui débitent, selon LAURENT (1932), 2,3 m<sup>3</sup> d'eau à la seconde, d'autre part par l'eau salée de l'étang qui communique avec la mer par deux graus. Son intérêt réside dans cette situation géographique assez particulière (fig. 47). Si la quantité d'eau douce disponible est limitée par le débit de la source, l'approvisionnement en eau salée est illimité. La partie amont de la rivière est aménagée en pisciculture d'eau douce et comprend quatre séries de bassins de 30 m, 100 m et 200 m (fig. 48, 49, 50, 51 et 52). En aval, des bassins sont réservés à l'élevage en eau salée. Entre ces deux installations une petite station expérimentale a été montée provisoirement. Cette station se compose de six bassins de 400 m<sup>3</sup>, creusés dans la tourbe et mesurant 23 m de long, 2 m de large et 85 à 95 cm de profondeur. Deux circuits parallèles, munis chacun d'une pompe débitant, l'une 150 m<sup>3</sup>/h, l'autre 200 m<sup>3</sup>/h, les alimentent en eau douce, en eau de mer ou encore en eau dont la salinité peut être déterminée au choix grâce à un système de vannes réglables. Des grillages de matière plastique coiffent l'extrémité des tuyaux de distribution d'eau de façon à oxygéner celle-ci dès sa sortie (fig. 53, 54 et 55).

##### 2) Conditions générales de milieu.

La situation géographique de la pisciculture est la cause de changements considérables et extrêmement rapides des conditions de milieu. En effet, n'étant abritée d'aucune part, cette zone est très affectée par le climat et notamment par les vents. Ceux de ces vents qui ont la plus grande influence sont :

la tramontane, qui souffle du nord-ouest et peut atteindre la force 9 Beaufort ; il chasse l'eau salée de la pisciculture vers l'étang, ce qui entraîne une diminution du taux de salinité et

une baisse de la température ; en revanche, il facilite l'oxygénation de l'eau de surface et repousse les pollutions dues à l'élevage et la végétation aquatique qui a tendance à envahir la station ;

le vent marin a une direction inverse ; il provoque des rentrées d'eau de mer sur le terrain et élève ainsi le niveau de l'eau salée aux stations de pompage et dans les bassins ; en consé-

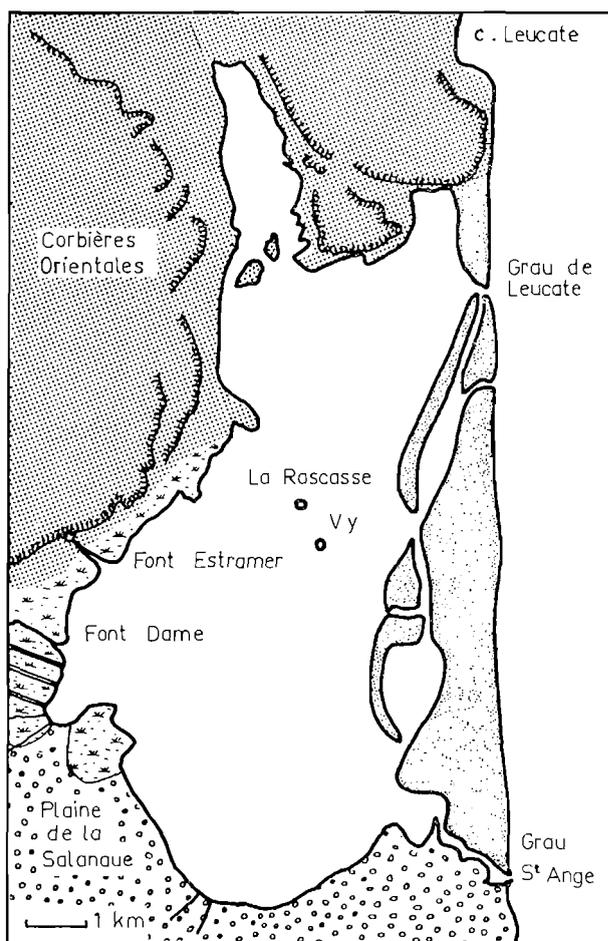


FIG. 47. — L'étang de Salses-Leucate. Résurgences de Font Dame à l'ouest (carte d'ARNAUD et RAIMBAULT, 1969, modifiée après les travaux d'aménagement du littoral).

quence, la salinité augmente, la température et le taux d'oxygène dissous varient. Les pollutions pénètrent dans la pisciculture, de même que la végétation présente en bordure de l'étang ; celle-ci peut alors s'étendre dangereusement.

a) L'eau douce.

A son point d'émergence, l'eau douce présente à peu près les mêmes caractéristiques tout au long de l'année. En 1973, par exemple, la température a varié de 16,4° à 18,6°, le taux d'oxygène dissous de 5,7 à 8,8 mg/l. Le taux de salinité reste fixe à 0,72 ‰.

Les courbes de la figure 56 montrent les variations mensuelles des valeurs minimales, moyennes et maximales de température et d'oxygène pendant une année entière.

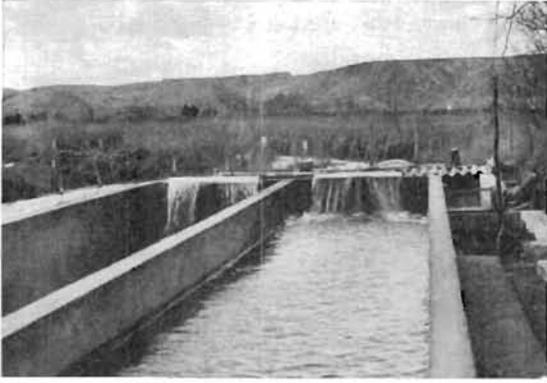


FIG. 48. — Pisciculture en bordure de l'étang de Salses-Leucate : station d'alevinage (au fond, le massif des Corbières).

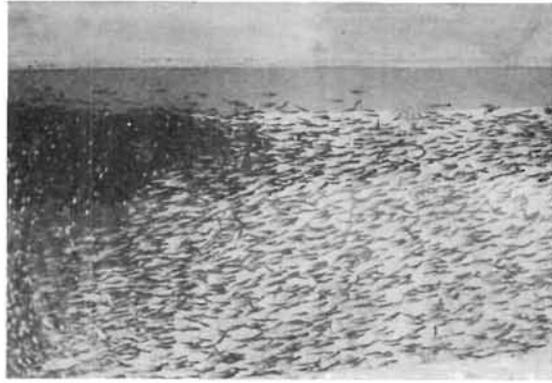


FIG. 49. — Alevins dans un bassin en ciment.

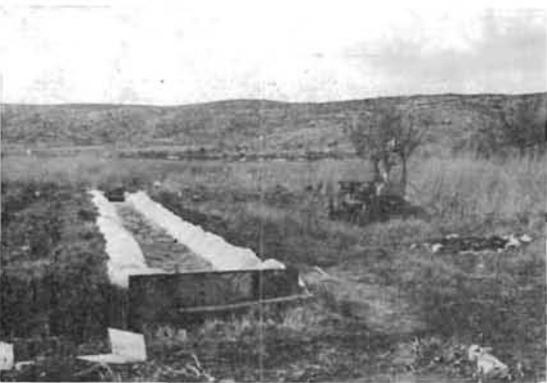


FIG. 50. — Première série de bassins de 30 mètres pour les alevins.



FIG. 51. — Entrée d'un bassin de 100 mètres alimenté en eau douce.



FIG. 52. — Entrée d'un bassin de 200 mètres alimenté en eau douce.



FIG. 53. — Station expérimentale : un bassin alimenté en eau douce et en eau salée par deux vannes.

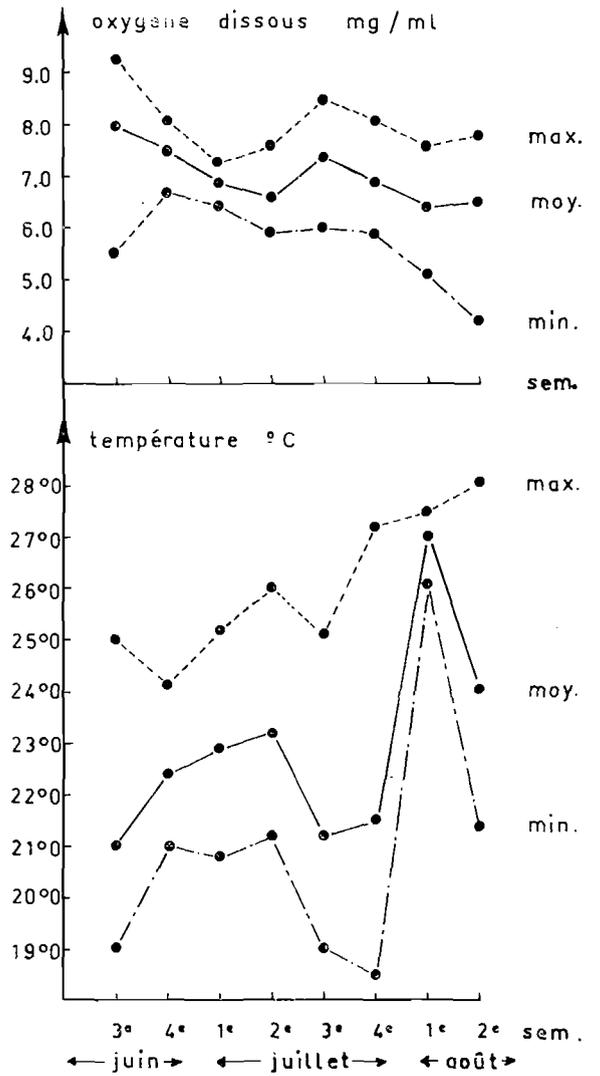
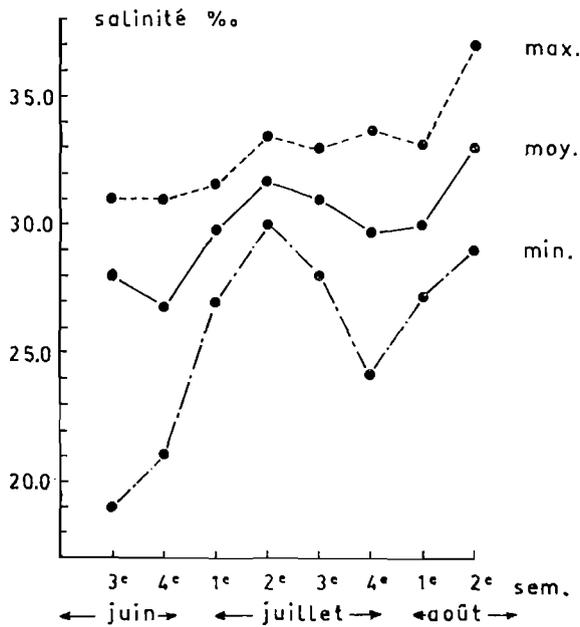
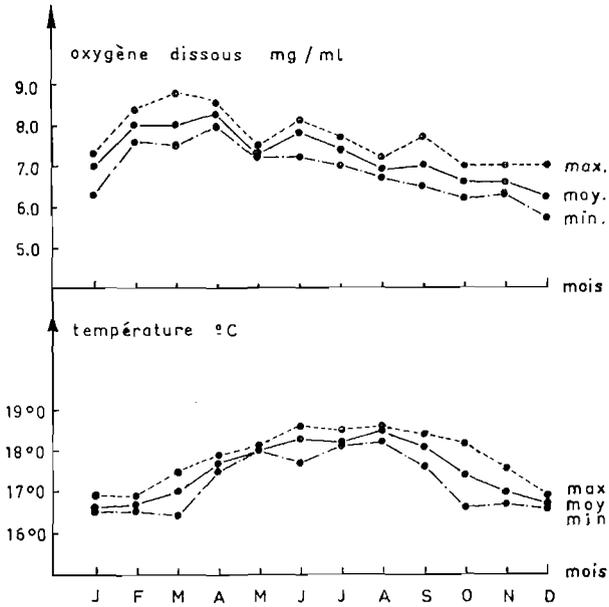


FIG. 56. — (En haut, à gauche) Eau douce à l'entrée de la pisciculture. Température et taux d'oxygène dissous.

FIG. 57. — (À droite) Eau d'origine marine à la station de pompage de la station d'expérimentation. Été 1974.

FIG. 58. — (En bas, à gauche) Eau d'origine marine à la station de pompage de la station d'expérimentation. Été 1974.

b) L'eau d'origine marine.

Elle vient de la mer par l'intermédiaire de l'étang, mais la zone qui borde la pisciculture étant peu profonde, l'eau subit des variations plus ou moins importantes. Ces variations sont sensibles, non seulement d'une saison à l'autre (la température peut descendre jusqu'à 5° C en hiver et atteindre 28° C en été), mais aussi d'un jour à l'autre. A la station de pompage nous avons

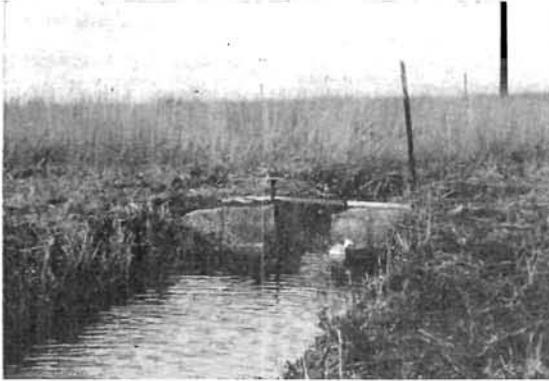


FIG. 54. — Station expérimentale : grille de sortie d'un bassin.



FIG. 55. — Station expérimentale : pompes et tuyaux abrités du soleil.

noté par exemple, entre le 23 et le 24 janvier, une différence de salinité de 21,8 g/l et en février des fluctuations de température de 7° C en 48 heures ; de tels changements entraînent des écarts sensibles dans les teneurs en oxygène dissous.

Les courbes des figures 57 et 58 mettent en relief les variations notées à la station de pompage d'eau de mer lors des essais d'adaptation qui seront décrits plus loin.

On peut voir que, lors des deux dernières semaines de juin 1974, la température varie de 19° C à 25° C, le taux d'oxygène dissous de 5,5 à 9,3 mg/l et la salinité de 19,0 à 31,0 ‰. Pendant le mois de juillet, la température varie de 18,5° à 27,2°, le taux d'oxygène dissous de 5,9 à 8,5 mg/l et la salinité de 24,2 à 33,7 ‰. Durant la première quinzaine d'août, les valeurs respectives passent de 21,4° à 28,1° pour la température, de 4,2 à 7,8 mg/l pour l'oxygène et de 27,2 à 37,0 ‰ pour la salinité.

c) L'eau de mélange.

Les caractéristiques de l'eau utilisée en cours d'expérimentation dépendent de celles de l'eau douce et de celles de l'eau de mer au moment du mélange. Les proportions dans lesquelles le mélange est fait entrent également en ligne de compte. Ces caractéristiques ont donc varié selon le type d'expérience réalisée ; elles seront précisées lors de l'exposé de chaque essai.

## 2° Expérimentation et résultats.

Nous avons entrepris les essais d'adaptation dès que la station expérimentale a été terminée, c'est-à-dire au début du mois de juin 1974. Ils portent sur des truites arc-en-ciel de 5, 10, 14 et 18 cm.

Ils sont complétés, en août de la même année, par quatre expériences supplémentaires destinées à déterminer la résistance des poissons aux températures élevées. Au mois de décembre, ayant à nouveau la possibilité d'utiliser la station, nous poursuivons les essais sur des individus de 20 à 25 cm, les tailles inférieures faisant défaut à cette époque.

En vue de simplifier au maximum les opérations, dans l'intérêt du pisciculteur, nous avons procédé à des immersions directes à des salinités déterminées parallèlement à une adaptation progressive rapide, c'est-à-dire en cinq jours.

## 1) Immersions directes dans des eaux de salinités déterminées.

### a) Alevins de 5 cm.

Deux cents alevins de 1,4 g sont placés le 14 juin dans une eau dont la salinité est de 25‰. Pendant le séjour de ces alevins dans ce milieu, la température moyenne est de 20,2° et le taux d'oxygène dissous de 7,8 mg/l.

### b) Truitelles de 10 cm.

Un lot de 31 truitelles de 11 g est placé directement dans une eau à 25‰. La température moyenne est de 20,9° et la teneur en oxygène dissous de 8,1 mg/l.

La même expérience est répétée en août sur un lot de 39 truitelles de 10 cm alors que la température moyenne est de 23° (minimum 20,5°, maximum 24,3°) et le taux moyen d'oxygène dissous de 6,1 mg/l.

### c) Truites de 14 cm.

Deux essais similaires sont tentés avec des truites de 14 cm pesant 30 g chacune. Un premier lot de 30 poissons est placé dans une eau à 25‰ en juin, alors que la température moyenne est de 21,2° et la teneur en oxygène de 7,9 mg/l. Un deuxième lot de 42 poissons est mis, en août, dans des conditions de salinité identiques mais avec une température variant de 20,5° à 24,3° (moyenne 23°) et un taux d'oxygène de 6,1 mg/l.

De plus, alors que la salinité et la température de l'eau de l'étang sont particulièrement élevées, un transfert de 60 truites a été fait dans un milieu dont la salure a varié de 24 à 32‰, la température de 23,6° à 26,9° (moyenne 26°), le taux d'oxygène dissous de 5,1 à 7,6 mg/l (moyenne 6,3 mg/l).

### d) Truites de 18 cm.

Deux expériences sont réalisées également en juin et en août sur des truites pesant de 65 à 70 g. La première de ces expériences consiste à placer 29 poissons directement dans une eau à 25‰. La température moyenne est alors de 21,2° et la teneur en oxygène dissous de 7,9 mg/l. Dans la deuxième expérience, portant sur 20 truites, la salinité est la même mais la température est plus élevée (20,5° à 24,3°, moyenne 23°) et le taux d'oxygène est de 6,5 mg/l.

### e) Truites de 20 cm.

Ces truites, dont le poids individuel moyen est de 100 g, sont réparties en trois lots et soumises, au mois de décembre, à une salinité déterminée pour chaque lot. Les caractéristiques de ces trois tests sont les suivantes :

50 poissons, salinité 15‰, température moyenne 12,7° (11,3° à 14,3°), taux d'oxygène dissous moyen 8,9 mg/l (8,2 à 9,3 mg/l) ;

51 poissons, salinité 25‰, température moyenne 11,2° (9,4° à 13,2°), taux d'oxygène moyen 9,2 mg/l (8,5 à 9,6 mg/l) ;

35 truites, salinité 35‰, température moyenne 11,4° (8,8° à 16,6°), teneur en oxygène dissous 9,0 mg/l (8,7 à 9,4 mg/l).

### f) Truites de 25 cm.

Des expériences identiques à celles portant sur les truites de 100 g sont réalisées avec trois lots de 50 individus pesant 190 g ; les immersions sont faites dans des eaux à salinité de 15‰, 25‰ et 35‰. Les conditions de milieu sont les mêmes que précédemment en ce qui concerne la première et la troisième expérience. En revanche, pendant la seconde, bien que la température moyenne soit également de 11,2°, les truites subissent des variations de 9,8° à 13,1° ; par ailleurs, le taux moyen d'oxygène dissous est de 8,7 mg/l (8,5 à 9,0 mg/l).

## 2) Adaptation progressive.

Parallèlement aux essais d'adaptation par immersion directe à des salinités déterminées, des expériences d'adaptation progressive sont faites en cinq jours, en juin, dans des eaux à 26‰.

Elles ont porté sur trois lots composés chacun de : 115 alevins de 5 cm pesant 1,4 g chacun, 31 truitelles de 10 cm pesant 11 g chacune, 30 truites de 14 cm pesant 30 g chacune.

En outre, un essai plus important est fait dans les mêmes conditions sur un lot de 475 truites de 18 cm pesant 65 g pendant plus de deux mois, en comparaison avec un lot de 466 truites de même âge et de même poids, élevées en eau douce.

Pendant toute la durée des expériences, les conditions de milieu ont été les mêmes pour les truites des différentes tailles. La courbe de la figure 59 montre les variations de ces condi-

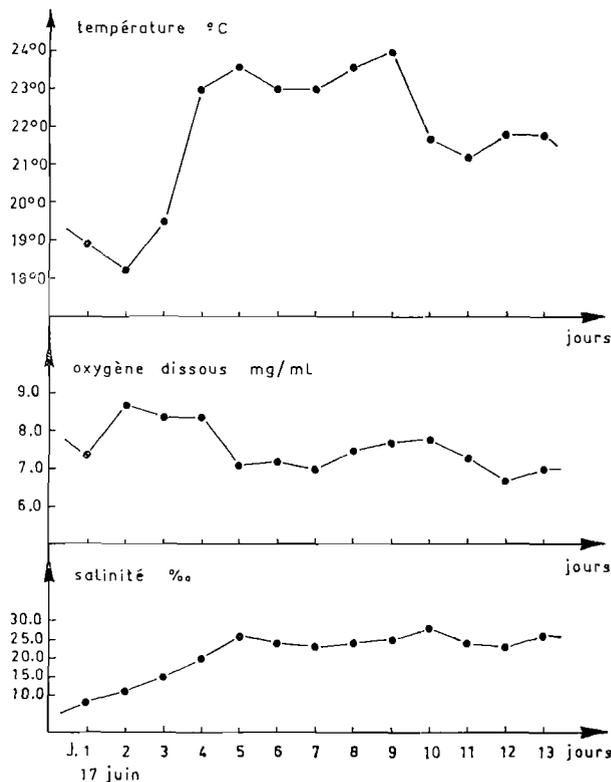


Fig. 59. — Conditions de milieu pendant l'expérience d'adaptation progressive en cinq jours. Bassin d'expérimentation. Juin 1974.

tions pendant la période d'adaptation. La salinité passe de 8‰ le premier jour à 11‰ le second, puis à 15‰ le troisième, 20‰ le quatrième et 26‰ le cinquième. Parallèlement, la température, qui est de 18,9° au départ, passe à 18,2° puis à 19,5°, 23,0° et 23,6°. Les taux d'oxygène dissous, pendant ces cinq jours, sont respectivement de 7,4, 8,7, 8,4, 8,4 et 7,1 mg/l.

Pour les individus les plus résistants, l'expérience s'est prolongée pendant encore deux mois. Pour chaque quinzaine, les valeurs extrêmes et les moyennes des trois paramètres suivis sont :

première quinzaine : salinité de 23,0 à 28,0‰ (moyenne 25,6‰), température de 19,0 à 24,0° (moyenne 21,4°), taux d'oxygène dissous de 6,7 à 8,0 mg/l (moyenne 7,5 mg/l) ;

deuxième quinzaine : salinité de 16,8 à 29,4‰ (moyenne 24,4‰), température de 18,0 à 24,0° (moyenne 21,1°), taux d'oxygène dissous de 7,0 à 8,4 mg/l (moyenne 7,5 mg/l) ;

troisième quinzaine : salinité de 23,5 à 33,5‰ (moyenne 27,6‰), température de 19,0 à 27,2° (moyenne 22,8°), taux d'oxygène dissous de 5,1 à 8,4 mg/l (moyenne 7,3 mg/l) ;

quatrième quinzaine : salinité de 19,5 à 28,0 ‰ (moyenne 22,3 ‰), température de 21,0 à 26,5° (moyenne 23,0°), taux d'oxygène dissous de 6,1 à 7,8 mg/l (moyenne 7,0 mg/l).

L'impossibilité d'assurer plus longtemps l'alimentation des bassins en eau salée nous a contraints d'arrêter là l'expérience.

La courbe de la figure suivante (60) indique, parallèlement, les conditions de milieu dans le bassin d'eau douce où vivent les truites-témoin. La température est régulièrement comprise entre 18,0 et 20,0°, la moyenne se situant autour de 19,0°. Le taux d'oxygène dissous varie entre 7,0 et 9,0 mg/l, la moyenne étant de 8,5 mg/l.

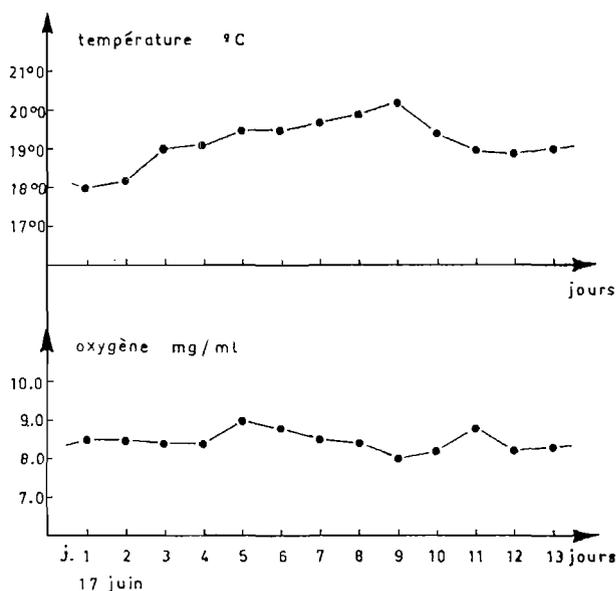


FIG. 60. — Conditions de milieu pendant les expériences d'adaptation. Bassin-témoin d'eau douce. Juin 1974.

### 3) Résultats.

Ces essais ont montré que les immersions directes à des salinités déterminées perturbent les poissons, d'autant plus que le taux de salure est plus élevé et que leur taille est plus petite.

a) L'immersion directe des truites de 20 cm et de 25 cm dans une eau à salinité de 15 ‰ n'entraîne aucune mortalité. Le comportement des poissons est normal.

b) L'immersion directe dans une eau à 25 ‰ fournit des résultats variables selon la taille des poissons ainsi que l'indique la courbe de la figure 61 et les observations qui suivent :

les alevins de 5 cm meurent dans une proportion de 30 % au cours de la première journée ; le lendemain la mortalité est de 57 % ; elle augmente jusqu'à 82 puis 92 % les jours suivants et atteint 100 % le cinquième jour ;

les truitelles de 10 cm subissent une mortalité de 23 % dès le premier jour qui augmente régulièrement d'environ 10 % par jour, atteint 87 % le huitième jour et cesse à partir de ce jour.

La même expérience est répétée au mois d'août alors que la température moyenne est plus élevée de 2,1° ; on enregistre alors une mortalité de 92 %.

Pour les truites de 14 cm, la courbe montre une mortalité de 20 % le premier jour, augmentant rapidement jusqu'à 60 % le cinquième jour et se stabilisant à 78 % le dixième jour.

Lors de la même expérience faite au mois d'août avec une température supérieure, une mortalité de 83 % est enregistrée dans le même temps.

Dans l'essai parallèle réalisé ce même mois, mais au cours duquel la salinité et la température dépassent certains jours les valeurs notées pendant l'expérience précédente, on constate une mortalité de 92 % dès le septième jour.

Les truites de 18 cm résistent mieux. Au mois de juin, la mortalité n'atteint que 40 % en fin d'expérience, mais elle s'élève à 79 % lorsque l'essai a lieu en août.

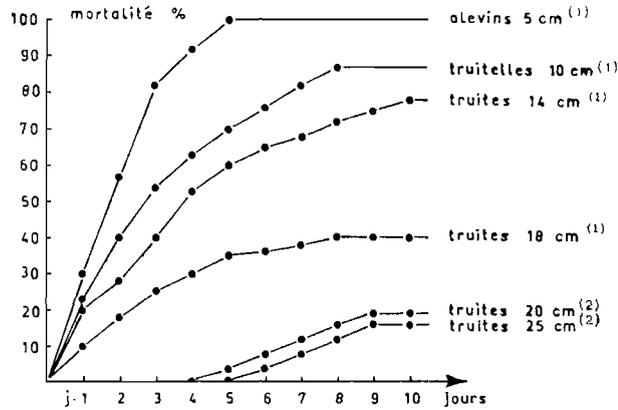


FIG. 61. — Mortalité cumulée consécutive aux immersions directes, à une salinité de 25‰ : en juin 74 (1), t° moy. 20-21° C ; en décembre 74 (2), t° moy. 11,2° C.

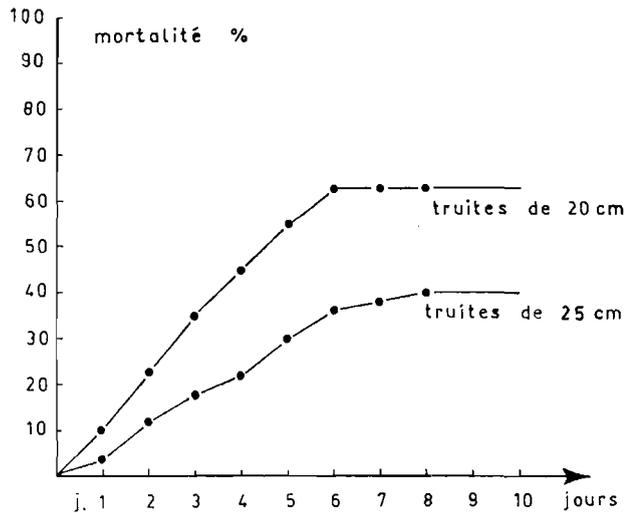


FIG. 62. — Mortalité cumulée consécutive aux immersions directes, à une salinité de 35‰ en décembre 1974.

Dans le cas des truites de 20 cm, la mortalité est faible ; elle ne débute qu'au sixième jour et se stabilise à 19 % au dixième jour.

Avec les truites de 25 cm, la mortalité est plus faible encore puisqu'elle ne commence que le septième jour et s'arrête à 16 % le dixième jour.

c) L'immersion directe dans une eau à 35‰ au mois de décembre, de truites de 20 et de 25 cm, provoque respectivement, dès le premier jour, une mortalité de 10 et 6 %. La courbe de la figure 62 montre que celle-ci augmente progressivement pour atteindre 63 et 40 % le huitième jour puis se stabilise.

d) L'adaptation progressive en cinq jours n'apporte pas beaucoup d'améliorations quant à l'acclimatation des truites de petite taille. Ce n'est qu'à partir de 18 cm qu'elle peut avoir lieu dans des conditions plus satisfaisantes.

En effet, la courbe de la figure 63 permet de constater qu'au sixième jour les alevins de 5 cm sont tous morts. Les truitelles de 10 cm résistent un peu mieux ; elles accusent cependant une mortalité régulière qui ne s'arrête qu'au onzième jour à 87 %. Parallèlement, chez les truites de 14 cm, la mortalité se stabilise à 77 % au bout de 11 jours.

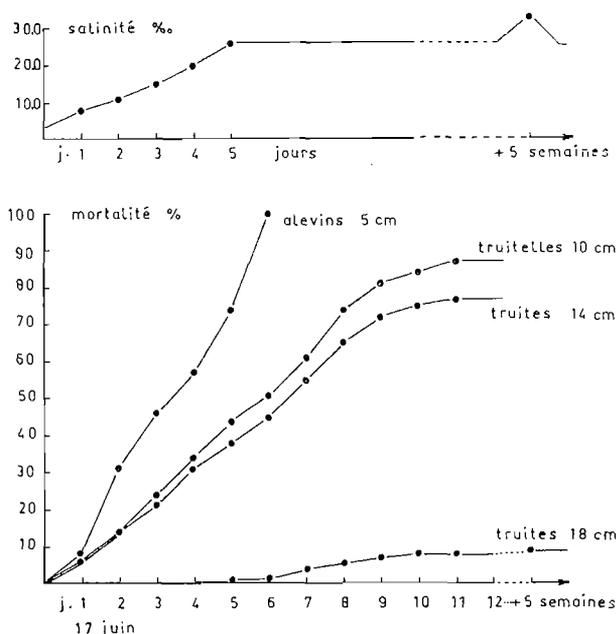


Fig. 63. — Mortalité cumulée consécutive à une adaptation progressive, à une salinité de 26 ‰ en cinq jours : juin 1974.

En revanche, les truites de 18 cm résistent mais s'accoutument mieux d'une adaptation progressive que d'une immersion brusque. A la fin de la période d'augmentation de la salinité, la mortalité est très faible puisque seulement de l'ordre de 0,4 %. Cinq jours plus tard elle atteint 7,6 % ; les poissons paraissent fatigués, n'ont aucun appétit et se tiennent sur le fond du bassin. Les truites-témoins maintenues en eau douce ont un appétit normal et sont réparties tout au long du bassin, signes d'un excellent comportement. Cette mortalité de 7,6 % se stabilise pendant un mois. L'appétit réapparaît et les poissons peuvent enfin absorber leur ration alimentaire journalière (2 % du poids des truites en granulés). Une brusque élévation de salinité pendant deux jours (33,5 ‰ et 33,0 ‰) augmente la mortalité qui atteint alors 8,5 %. Chez les truites-témoins elle est, à cette époque, de 1,9 %.

Nous avons remis les truites en eau douce au bout de deux mois à cause de la température très élevée en cette période. Une augmentation thermique brutale amenant l'eau d'un bassin à 27,2° avait, en effet entraîné une mortalité supplémentaire de 7 %. On constate ainsi que la fragilité des truites adaptées est plus grande que celle des truites vivant continuellement en eau douce. Leur résistance aux températures élevées et aux taux d'oxygène faibles est moins forte. Leur appétit est irrégulier alors que les truites-témoins restent très voraces. Leur digestion paraît plus lente. En fin d'expérience (fig. 64), leur croissance est de 10 % inférieure à celle des témoins.

Nous avons également noté que les premiers poissons qui meurent sont toujours des mâles matures. On peut en conclure que leur état physiologique diminue leurs possibilités d'adaptation et arrête leur croissance. Celle-ci ne reprend que lorsque les glandes se sont résorbées. Dans ce lot, les mâles de 17 cm (50 g) sont déjà prêts à émettre leur laitance alors que les femelles de même taille sont encore immatures.

De même que les truites ayant fait l'objet d'expériences au laboratoire, les truites arc-en-ciel vivant en eau de mer dont la salinité est de 26‰ sont devenues uniformément argentées.

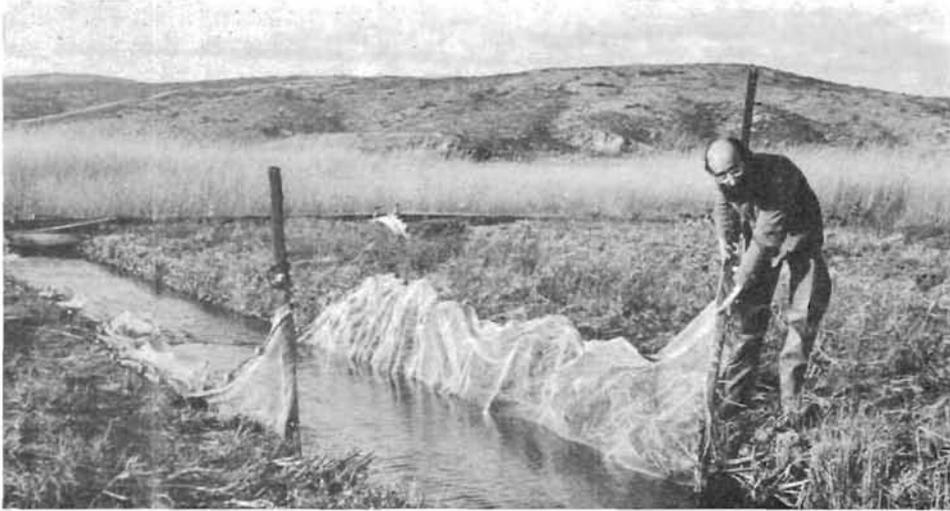


FIG. 64. — Pêche des poissons en fin d'expérience.

### **Conclusion.**

Les expériences réalisées à la pisciculture montrent les difficultés qu'éprouvent en général les truites à s'adapter à l'eau salée après leur immersion brusque dans ce milieu ou après un temps d'adaptation très court. Ces difficultés se manifestent par un ralentissement de la croissance, son arrêt total ou une mortalité partielle sinon complète. Elles sont fonction de la taille des individus et de la salinité de l'eau. Dans des conditions analogues à celles décrites ici, il ne semble pas prudent de procéder à des immersions brusques de truites de quelque taille que ce soit, dans un milieu à 35‰. A 25‰, bien que les truites de 20 cm et plus ne subissent pas une mortalité importante, leur immersion brusque n'offre pas un grand intérêt du fait même de son influence sur leur croissance. En revanche, l'acclimatation se fait sans problème dans une eau à 15‰. Si les essais d'adaptation rapide sont concluants quant à la survie des truites de 18 cm et plus, ils le sont moins quant à leur croissance. Une période d'adaptation allongée et une température moins élevée permettent, comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant, une acclimatation bien meilleure.

### **IV. — La pisciculture en eau salée.**

Des élevages de Salmonidés en eau salée sont réalisés depuis quelques années dans plusieurs pays. Cependant, les pisciculteurs se heurtent encore à de nombreux problèmes liés, non seulement à l'espèce utilisée et aux techniques employées, mais surtout au site dont la situation climatique et les conditions de milieu sont déterminantes. Chaque expérience a ses caractéristiques propres et les résultats obtenus sont, en général, difficilement applicables à des essais conduits en d'autres lieux.

Après un rapide inventaire des tentatives d'élevage de truites en eau de mer dans divers pays, inventaire encore incomplet, nous exposerons les premiers travaux menés à la pisciculture méditerranéenne déjà mentionnée.

### 1° *Quelques expériences réalisées dans le monde.*

En Europe, plusieurs pays s'intéressent à la production de « truites de mer », non seulement pour ensemercer les eaux littorales et développer la pêche sportive, mais surtout en vue de leur commercialisation.

En Allemagne, des essais ont eu lieu dans la mer Baltique en des zones où la salinité est de l'ordre de 12 à 18 ‰ et où la température ne dépasse pas 23° C en été. Des truites arc-en-ciel de 15 cm au moins et des truites communes d'environ 20 cm sont placées dans des filets flottants sans aucune adaptation préalable, compte tenu du faible taux de salinité. La croissance se révèle être beaucoup plus rapide qu'en eau douce. Cependant, les résultats dépendent également, à l'intérieur même de l'espèce, de l'origine des truites (H. KOOPS, 1970. Communication personnelle).

Des conclusions comparables sont données par les Hollandais à la suite d'expériences réalisées dans le lac de Veere. Il s'agit d'une zone deltaïque du sud-ouest des Pays-Bas, communicant avec la mer et dont la salinité varie selon les endroits de 14,5 à 25 ‰ et la température de 0° à 23° C selon la saison (moyenne 16° à 19° C). En 1968, des truites arc-en-ciel mesurant entre 20 et 28 cm furent déversées directement de l'eau douce dans l'eau du lac. L'expérience est renouvelée l'année suivante avec des poissons de 22 à 30 cm appartenant à la même espèce. En 1970, des truites communes de 26,6 cm de longueur moyenne sont placées dans les mêmes conditions. La nourriture entièrement naturelle (*Nereis*, *Corophium*, *Gammarus*, *Gobius*, *Gasterosteus*) permet une bonne saumonisation et une croissance rapide. A la fin du mois d'août 1968, soit après quatre mois de séjour dans le lac, les truites arc-en-ciel mesurant en moyenne 31 cm au départ, atteignent 41 cm, et celles de 22,5 cm de moyenne, 34 cm. L'année suivante les poissons de la même espèce montrent, pendant la même période, une croissance meilleure; leur longueur a augmenté de 25,7 cm à 38 cm. En 1970, les truites communes passent, toujours pendant le même temps, de 26,6 cm à 36,6 cm de longueur. La reproduction naturelle dans le lac n'a pas été possible (B. STEINMETZ, 1971. Communication personnelle).

En Ecosse, les « lochs » offrent des avantages certains pour l'aquaculture. La région des Highlands est relativement peu polluée, les écarts de marée sont faibles et la température des eaux ne descend jamais très bas grâce au passage d'un courant issu de la dérive nord-Atlantique. En 1966, une ferme expérimentale est installée à Loch Ailort (MILNE, 1970); des truites arc-en-ciel y sont adaptées à la vie marine. Après un premier temps d'élevage en laboratoire, elles sont placées dans des bassins où la salinité augmente progressivement par addition d'eau de mer à l'eau douce qui provient de la rivière Ailort. Elles sont ensuite transférées dans des cages flottantes situées dans le loch. Leur nourriture se compose de déchets de poissons provenant des conserveries: morue, aiglefin, merlan, etc. Cette expérience s'étant révélée intéressante, deux autres fermes sont mises en route: l'une dans les îles Shetland en 1968, l'autre en Ecosse en 1969.

En Suède, les expériences d'élevage de truites en eau dont la salinité est de 6 à 8 ‰, réalisées dans les années 1960, n'ont pas été poursuivies à cause de la fréquence des maladies sévissant à cette époque. On y élève cependant des *Salmo trutta* et des *Salmo gairdneri* en vue de l'empoisonnement des eaux côtières où se pratique la pêche à la ligne. Les *Salmo trutta* sont déversées en mer lorsqu'elles atteignent le stade de smolt. Leur croissance est faible le long de la côte ouest où la salinité est élevée (30 ‰); elle est meilleure sur la côte est où les eaux sont moins salées (6 à 10 ‰). Les truites arc-en-ciel sont lâchées en mer quand leur poids atteint une centaine de grammes. Malgré la croissance rapide des sujets, ces expériences n'ont présenté que peu d'intérêt pour les pêcheurs, car ces truites se sont dirigées vers le large, effectuant des déplacements atteignant parfois 500 kilomètres (G. SVARDSON, 1971. Communication personnelle).

La Norvège est le pays d'Europe où l'élevage de la truite en eau de mer est le plus avancé. En effet, géographiquement, elle offre de nombreux avantages. Son littoral, d'un développement côtier de 20 000 km, est réchauffé par la dérive nord-Atlantique. Les cours d'eau sont nombreux. Les eaux marines sont riches en poissons qui peuvent servir à l'alimentation des Salmonidés. Le développement de l'aquaculture est ainsi grandement favorisé. En 1965, 70 à 80 fermes produisaient déjà 500 tonnes de poissons de taille commerciale (JENSEN, 1967). Le choix de l'espèce à élever a porté sur la truite arc-en-ciel « steelhead » ou *Salmo gairdneri* R. pour sa croissance rapide et sa facilité d'adaptation à l'eau salée à partir d'une certaine taille : stade truitelle pour une salinité maximale de 15 à 20‰ et taille de 15 à 20 cm pour des taux atteignant 35‰ (JENSEN, 1970. Communication personnelle). En 1973, plus de 200 fermes pratiquaient l'élevage de truites en eau de mer. Tous les types d'élevage sont réunis, qu'il s'agisse d'élevage à terre en bassins où l'eau est amenée par pompage, d'élevage en enclos, en cages flottantes ou dans les criques clôturées, la marée assurant dans ce cas le renouvellement de l'eau. Tous les types d'adaptation sont essayés selon les conditions propres au site, depuis l'immersion directe jusqu'à l'acclimatation lente en passant par l'acclimatation rapide. Aussi les résultats varient-ils d'une pisciculture à une autre, les pertes, plus ou moins importantes étant liées non seulement aux techniques d'adaptation mais également aux conditions de milieu ou au développement de maladies. L'alimentation consiste généralement en poissons de mer, peu coûteux, frais ou congelés, additionnés pendant les semaines précédant la vente de crevettes roses *Pandalus borealis* entières ou en débris. Ces crevettes proviennent des conserveries et améliorent la saveur et l'aspect de la chair des truites. La croissance est excellente puisque des individus de 200 g au mois de mai peuvent peser, au mois d'octobre de la même année, 1 kg. Le but recherché est de produire des truites saumonées de grande taille : 750 à 1 500 g pour certains pisciculteurs, 5 à 6 kg pour d'autres. La chair de ces truites est traitée de la même manière que celle du saumon, c'est-à-dire fumée, congelée ou mise en boîte. Si certaines fermes, en regard aux difficultés rencontrées, abandonnent l'élevage de la truite de mer au profit de celui du saumon comme cela se passe aussi en Ecosse, d'autres s'orientent vers la recherche d'éléments nouveaux permettant d'améliorer le rendement. Ainsi, une station expérimentale a été installée pour étudier, en particulier, la survie, la croissance, les croisements d'espèces qui permettraient d'augmenter la résistance et la croissance des individus.

Au Danemark, l'élevage de la truite en mer se développe peu à peu selon les mêmes principes qu'en Norvège <sup>(1)</sup>.

En U.R.S.S., l'acclimatation porte sur *Salmo gairdneri gairdneri* R. ou « Steelhead trout » provenant de la côte Pacifique des U.S.A. (Columbia River). Ces truites sont volontiers migratrices si les conditions de milieu leur conviennent. Le but de la production est commercial et sportif : il s'agit d'obtenir des stocks sauvages de cette truite dans la mer Noire et la mer Baltique. Après l'incubation et l'élevage en eau douce jusqu'à l'âge de 10-14 mois, c'est-à-dire jusqu'à une taille de 12 à 15 cm, les truitelles sont placées dans les régions de delta où la salinité est de 5‰ environ. Elles supportent, par la suite, le taux de 16 à 17‰ qu'elles rencontrent en mer Noire. La croissance est excellente puisque, lors d'un premier retour en rivière, des truites de 4 ans pesaient 4 kg, alors que celles qui avaient séjourné le même temps en eau douce ne pesaient que 2 kg. Elles s'argentent et leur chair se saumone bien. Ces résultats encouragent les chercheurs de ce pays à tenter l'élevage en eau de mer, en aquarium, en bassins ou en filets (DOROSHEV, 1971. Communication personnelle).

Aux Etats-Unis, un certain nombre de fermes font l'élevage de truites de mer, élevage souvent associé à celui du saumon. Comme dans les autres pays, les techniques varient selon le cadre géographique et les possibilités naturelles. Il faut noter cependant l'importance des stations expérimentales. De nombreuses équipes de chercheurs et de techniciens travaillent sur la composition des aliments, la mécanisation, la production d'hybrides à croissance rapide. Dans l'état de Rhode Island, par exemple, les recherches sont plus orientées vers les techniques d'adaptation de *Salmo gairdneri irideus* en relation avec la taille et les conditions de milieu (S. SAILA, 1970. Communication personnelle). Dans l'Orégon, les expériences concernent surtout les truites « Steelhead » ou *Salmo gairdneri* (GARRISON, 1970. Communication personnelle). Dans

(1) Rapport C.T.G.R.E.F. 1974.

l'état de Washington, elles sont plus spécialement consacrées à la pathologie, les populations de truites arc-en-ciel de cette région étant décimées par une maladie due au *Vibrio anguillarum* (E. SALO, 1970. Communication personnelle).

En Australie et plus particulièrement en Tasmanie, a lieu depuis 1972 l'élevage des truites arc-en-ciel. Celles-ci, originaires de Californie, résultent d'un mélange de deux souches différentes. Elles résistent à une adaptation rapide qui les conduit, en une semaine, à supporter une salinité de 33 ‰. Placées dans des bacs flottants, elles sont nourries avec des granulés ordinaires ou saumonisants. Le but est de produire des individus commercialisables en une année. La croissance obtenue en eau de mer est meilleure qu'en eau douce, grâce aux températures relativement constantes rencontrées dans le milieu. Les recherches sont orientées, en particulier, vers la nutrition et le comportement des poissons atteignant la maturation sexuelle pendant leur séjour en eau de mer (A. PURVES et M. STURMAN, 1971. Communication personnelle).

Le Japon est devenu le plus grand producteur de truites de mer. Deux raisons principales expliquent le développement de l'élevage des Salmonidés en eau salée : la demande toujours accrue de protéines et l'impossibilité d'augmenter la pisciculture en eau douce en raison de la rareté des points d'eau disponibles. L'espèce choisie est *Salmo gairdneri*. Après une phase d'élevage en eau douce, les truitelles sont soumises à une adaptation progressive à l'eau de mer, puis transférées soit dans des cages ou des filets flottants, soit dans des criques d'eau calme clôturées par des fils métalliques. Là aussi, les techniques varient en fonction de l'emplacement et des conditions rencontrées. Le but des pisciculteurs japonais est d'obtenir des truites saumonées de grande taille (MILNE, 1974).

À l'heure actuelle, malgré ces diverses tentatives d'élevage de truites en eau de mer, peu ont encore débouché sur une production industrielle régulière. Une des raisons essentielles est l'apparition fortuite de facteurs limitants qui entraînent des mortalités importantes et qui peuvent conduire à l'abandon ou la transformation de l'élevage. Aussi la nécessité d'installer des stations de recherche expérimentale est-elle ressentie.

En France, des essais d'importance variable ont lieu en Bretagne, en Aquitaine, dans le Roussillon et récemment en Corse et en Languedoc. Il s'agit essentiellement d'élevages de truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus* en bassins alimentés en eau salée par pompage. Les cages flottantes commencent également à être utilisées. En 1975, une petite production a été réalisée <sup>(1)</sup> :

35 tonnes en Ille-et-Vilaine où le grossissement se fait en cages ;

1,5 à 2 tonnes près de Marennes ;

1,5 tonne à l'île de Ré, ces deux dernières installations fonctionnant en bassins alimentés par les marées, par gravité ;

25 à 30 tonnes dans le bassin d'Aquitaine ;

60 tonnes dans le Roussillon, ces deux piscicultures obtenant l'eau salée par pompage.

De nouveaux essais sont ou seront réalisés en 1976 dans la Manche, en Bretagne, dans les Bouches-du-Rhône, en Corse et en Languedoc.

## 2° *Elevage en eau de mer dans le Roussillon.*

Ainsi que nous l'avons exposé précédemment, la pisciculture où ont eu lieu nos expériences comporte une installation d'élevage en eau douce et une installation d'élevage en eau salée à la limite desquelles se situe la station expérimentale. Durant la première année d'exploitation de la partie aval destinée à l'adaptation des truites à l'eau de mer, un bassin de 150 m de long est creusé dans le sol ; sa largeur est de 7 m, sa profondeur moyenne de 1,60 m (fig. 65). Deux pompes électriques de 400 m<sup>3</sup>/heure l'alimentent à volonté en eau douce, en eau de mer ou en un mélange des deux à la salinité choisie. Les années suivantes, cinq autres bassins sont creusés parallèlement à celui-ci : le système de pompage et de distribution d'eau est alors modifié afin de l'adapter à la nouvelle installation.

Nous présentons successivement les essais d'adaptation effectués au cours de l'hiver 1972-1973 <sup>(2)</sup>, de l'hiver 1973-1974 et pendant le mois de mars 1974.

(1) A.D.A. Informations, 1975.

(2) Les essais d'adaptation réalisés au cours de l'hiver 1972-1973 ont été présentés dans un bulletin de la revue *Science et Pêche* en 1973.

### 1) Essais d'adaptation au cours de l'hiver 1972-1973.

#### a) Origine des truites.

Une première adaptation est tentée en octobre 1972 avec des truites arc-en-ciel *Salmo gairdneri irideus* nées à la pisciculture à la fin du mois de février 1972. Elevées en eau douce



FIG. 65. — Pisciculture : premier bassin de 150 mètres alimenté en eau de mer.

à une température constamment située entre 17 et 18° C, elles pesaient entre 80 et 95 g et mesuraient de 18 à 20 cm au bout de 35 semaines. Les courbes de la figure 66 montrent la croissance de ce lot de truites en eau douce en différenciant la « queue de lot » à croissance lente de la « tête de lot » à croissance rapide.

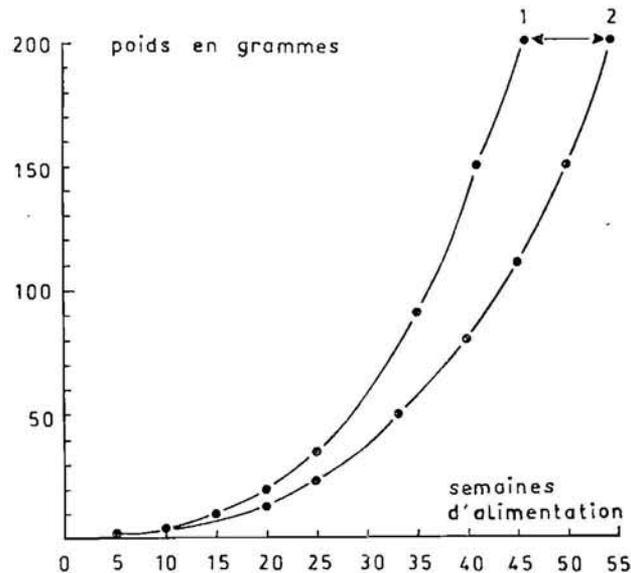


FIG. 66. — Courbes de croissance de *Salmo gairdneri irideus* à la pisciculture en eau douce à 18° C : 1, « tête de lot » ; 2, « queue de lot ».

#### b) Conditions d'expérience.

Le 15 octobre, 1 350 kg de ces Salmonidés sont transportés dans le bassin d'acclimatation où la salinité de l'eau se situe entre 6 et 6,5 ‰ pour une température de 17,1° C après quelques jours d'un repos rendu nécessaire par les manipulations diverses subies par les poissons, la

salinité est augmentée de 1 à 2 g par jour. Au bout de 18 jours, les truites évoluent dans l'eau de l'étang à 28 ‰ sans aucun apport d'eau douce (fig. 67). Les courbes de la figure suivante (68) indiquent, pendant la période d'adaptation, une baisse régulière de la température de 17,7° à 13,0° correspondant à une quantité croissante d'eau de l'étang dans le milieu, cette eau étant plus froide (de 13,0 à 18,0°) que l'eau de source (15,2 à 18,0°). Le taux d'oxygène dissous reste compris entre 7,0 et 8,8 mg/l alors qu'il varie de 5,2 à 8,4 mg/l dans l'eau de l'étang et de 7,1 à 8,9 mg/l dans l'eau douce.

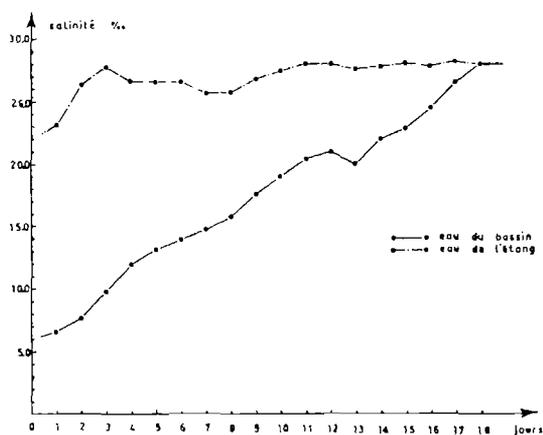


Fig. 67. — Conditions de milieu pendant la période d'adaptation : salinité. Novembre 1972.

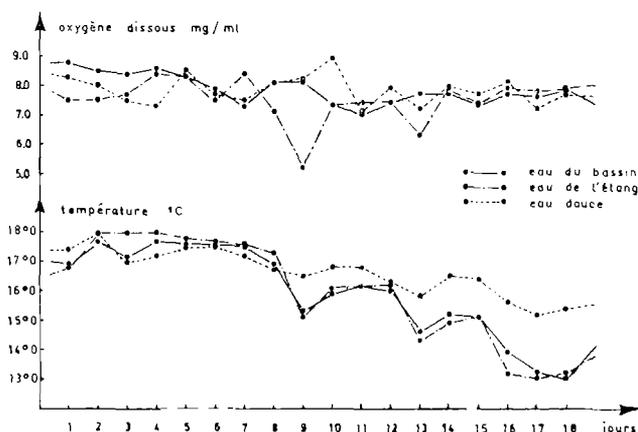


Fig. 68. — Conditions de milieu pendant la période d'adaptation : taux d'oxygène dissous et température. Novembre 1972.

Après la période d'adaptation, les conditions de milieu évoluent selon les courbes représentées sur la figure 69. La salinité est maintenue au voisinage de 25 ‰ pendant six mois. Les minima enregistrés sont dus aux divers incidents survenus à la station de pompage. Les maxima résultent des augmentations brusques de salinité de l'eau de l'étang lorsque souffle le vent marin. Le 25 mai, les truites sont remises en eau douce, la température dépassant à cette date le seuil tolérable.

Le taux d'oxygène dissous reste situé autour de 8 mg/l jusqu'en décembre. Il augmente les deux mois suivants et diminue ensuite en mars, avril et mai, atteignant les valeurs minimales critiques de l'ordre de 3,3 mg/l. En juin, juillet et août, la quantité d'oxygène disponible augmente à nouveau, le milieu étant constitué d'eau douce.

La température moyenne de 17° C au début de l'expérience s'abaisse progressivement jusqu'en février pour remonter assez rapidement jusqu'à une valeur de 23,7° en mai. Le changement de milieu intervenant à cette époque, la température se maintient alors autour de 20° C.

L'alimentation des truites consiste en granulés ordinaires distribués quotidiennement ; la quantité d'aliment correspond à 2 % du poids vif des sujets. Après la période d'adaptation, une même ration de granulés saumonisés leur est fournie.

### c) Résultats.

**Tolérance à la salinité.** Les truites traversent la période d'adaptation sans problème particulier. Le passage à une salinité de 28 ‰ en 18 jours est aisément supporté puisque nous ne constatons qu'une mortalité de 0,4 %. Il en est de même lors des brusques variations de salure des eaux de l'étang dues au régime climatique. En effet, un mois après leur adaptation, une diminution du taux de salinité de 30,5 à 6,7 ‰ se manifeste en l'espace de 24 heures ; elle est accompagnée d'une différence de température de 4° C ; aucune mortalité n'est constatée. Un mois plus tard, une chute de 31,5 à 4,7 ‰ (soit une baisse du taux de 26,8 g/l) en six jours,

suivie d'une remontée brutale qui atteint 32,5‰ (soit une augmentation de 27,8 g/l), n'entraîne pas de mortalité. Nous n'observons par la suite aucun trouble du comportement lorsque ce phénomène se renouvelle à plusieurs reprises dans les mois suivants.

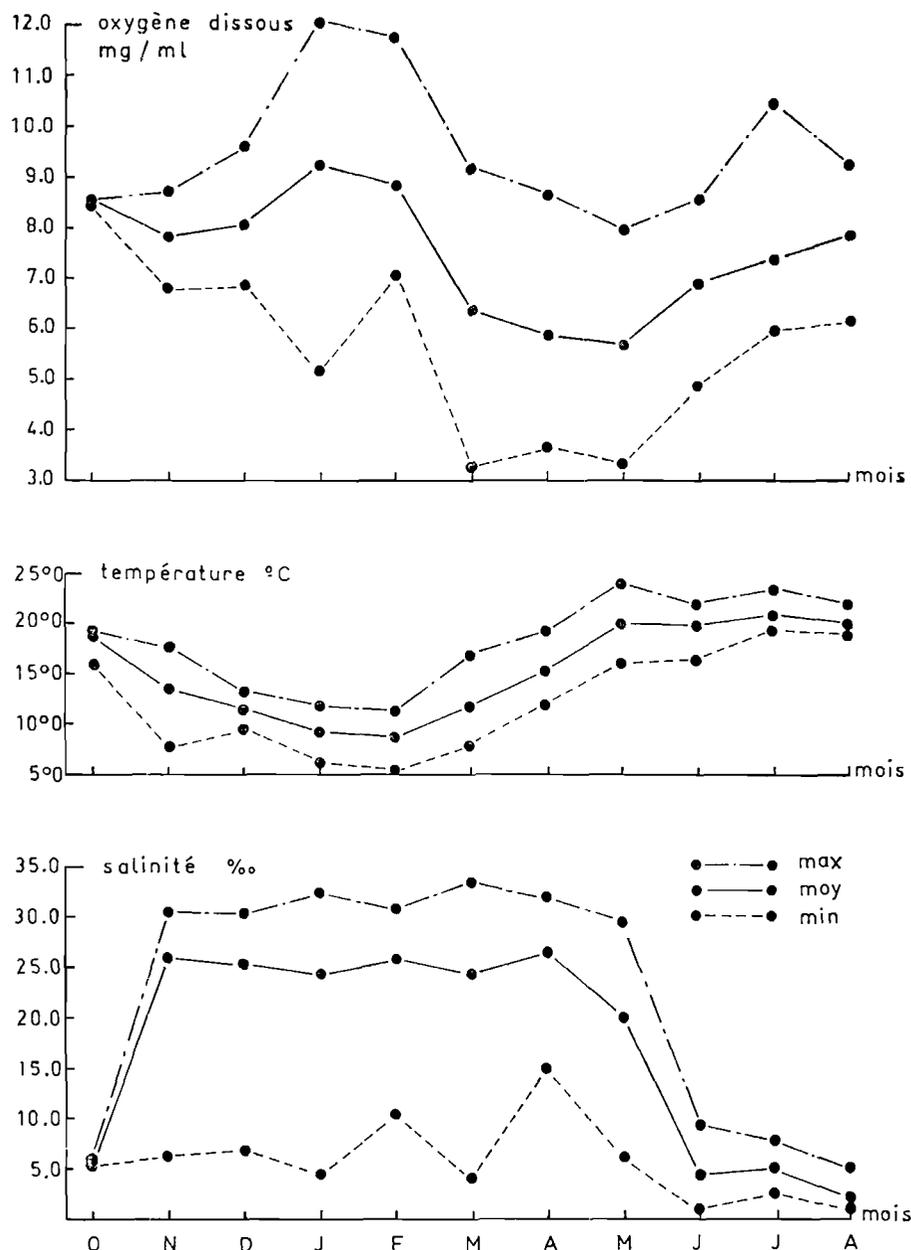


FIG. 69. — Conditions de milieu dans le bassin d'acclimation : température, taux de salinité et d'oxygène dissous. Moyennes mensuelles, minima et maxima (LANDREIN, 1973).

*Tolérance à la température.* La température de l'eau de l'étang accuse de grandes variations selon la saison. Du fait de sa faible profondeur en bordure de la pisciculture, la lagune est très influencée par les conditions atmosphériques locales, en particulier par les vents. Des

différences de l'ordre de 7° C en l'espace de 48 heures n'entraînent pas de perturbations chez les poissons. En revanche, on constate invariablement une certaine mortalité lorsque la température dépasse 23° C. C'est la raison pour laquelle nous n'avons pas pu garder les truites dans l'eau salée à 25‰ pendant l'été; l'adjonction d'eau de source, plus fraîche, a suffi, à la fin du mois de mai, à enrayer ce phénomène.

*Besoins en oxygène dissous.* Bien que les taux d'oxygène rencontrés dans le milieu se situent en moyenne entre 6 et 8 mg/l tout au long de l'année (fig. 69), des taux inférieurs à 6 mg/l sont fréquents lors des élévations de température ou des arrêts accidentels de pompage. Ainsi, au mois de mars, la concentration en oxygène tombe à deux reprises, respectivement à 3,3 et 3,5 mg/l en entraînant une mortalité de 0,4 %. En avril, elle reste comprise entre 3,7 et 4,3 mg/l pendant quatre jours; 2,8 % des truites meurent. Le mois suivant, la quantité d'oxygène disponible baisse encore; elle se situe entre 3,4 et 4,0 mg/l durant quatre jours, et ceci parallèlement à une température qui s'élève jusqu'à 23,7°. La mortalité consécutive à cette situation atteint 3 %.

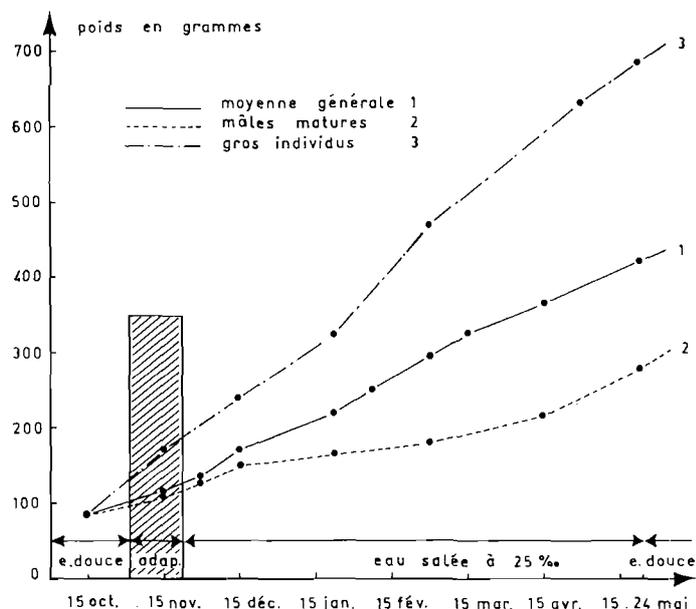


Fig. 70. — Courbes de croissance des truites arc-en-ciel en eau salée : hiver 1972 - printemps 1973.

*Croissance.* Les truites montrent une excellente vitalité et conservent leur appétit tout au long de l'expérience. Leur croissance, moyenne pendant la période d'adaptation, devient plus rapide ensuite. En effet, trois semaines après la fin de cette période, elles pèsent en moyenne 170 g. La courbe 1 de la figure 70 indique, cinq semaines plus tard, un poids de 220 g. La croissance s'accélère pendant les cinq semaines suivantes; les poissons atteignent un poids de 308 g. Le 15 avril, soit moins de cinq mois après l'acclimatation, le poids moyen se situe à 365 g. Le 24 mai, date à laquelle les truites sont remises en eau douce, elles pèsent 420 g. Ainsi, un séjour de six mois dans une eau à 25‰ a pratiquement permis de quadrupler le poids des poissons.

La courbe 2 de cette même figure fait apparaître la croissance plus lente des individus mâles arrivés à maturation pendant leur séjour en eau de mer, alors que les femelles sont encore immatures. Au mois de novembre, c'est-à-dire durant la période d'adaptation, on rencontre déjà quelques mâles dont la laitance s'écoule au moindre contact. En décembre, ils ont un

poids qui est inférieur de 14 % à celui des femelles. Les mois suivants, du fait de la permanence de cet état de maturité sexuelle maximale, leur croissance reste lente et la différence de poids s'accroît ; elle atteint 42 % en mars pour diminuer ensuite parallèlement à la résorption des gonades.

La courbe 3 de la figure 70 représente la croissance de quelques individus qui se développent de manière particulièrement satisfaisante. Il s'agit essentiellement de femelles immatures. Deux mois après la fin de la période d'adaptation leur poids est de 325 g. Cinq semaines plus tard, il atteint 470 g. La plus grande truite rencontrée lors de l'échantillonnage du 24 mai pèse 680 g, ce qui correspond à une augmentation pondérale de 590 g en sept mois d'élevage, stabulation et acclimatation comprises.



FIG. 71. — Truite arc-en-ciel adaptée à l'eau de mer.

*Modifications chromatiques et saumonisation.* Quinze jours après la fin de la période d'adaptation, les irisations latérales, typiques de la truite arc-en-ciel, ne sont plus visibles, la guanine recouvrant peu à peu tout le corps. Ces truites argentées ne présentent cependant ni rosissement des opercules et des nageoires, ni saumonisation de la chair. Ces deux phénomènes apparaissent une semaine plus tard chez les individus argentés, les mâles matures gardant le même aspect que lors de leur séjour en eau douce. A la fin du mois de janvier, les truites argentées offrent toutes les caractéristiques particulières aux truites de mer (fig. 71). Cependant, les mâles en état de maturité sexuelle s'assombrissent, leur corps se couvre de mucus. La chair des poissons est en général bien saumonée, exception faite, d'une part des mâles matures, d'autre part des femelles dont le développement sexuel est le plus avancé. Ces dernières possèdent des glandes de couleur saumon mesurant de 1 à 4 cm de longueur, les pigments semblant donc se fixer en premier lieu sur les produits sexuels. Jusqu'à la fin de leur séjour en eau de mer, le 25 mai, les truites gardent les caractères qui viennent d'être décrits. En juin, alors qu'elles sont en eau douce, leur livrée argentée commence à disparaître pour faire place, en juillet, à la robe habituelle des *Salmo gairdneri irideus*. Ainsi, après un mois et demi de séjour en eau douce, les femelles présentent des grappes d'œufs de 3,5 à 5,5 cm de longueur, les œufs d'un millimètre de diamètre sont de couleur saumon foncé. Les mâles semblent enfin se développer normalement. Leurs gonades, en partie résorbées et réduites à de minces filaments de 2 à 9 cm de long, commencent à fixer les pigments caroténoïdes.

Les tests organoleptiques effectués à plusieurs reprises au cours de l'élevage en eau salée permettent de constater l'amélioration de la qualité de la chair quant à sa finesse, sa fermeté

et son goût plus prononcé que celui des truites d'eau douce. De plus, l'aspect du poisson est agréable et sa conservation est supérieure à celle des Salmonidés élevés en milieu dulçaquicole.

## 2) Essais d'adaptation au cours de l'hiver 1973-1974.

Le même type d'essai est réalisé en décembre 1973 avec un lot de 37 300 truites arc-en-ciel incubées à la pisciculture et pesant chacune, à l'âge de 44 semaines, 76 g en moyenne pour une longueur de 18 à 19 cm.

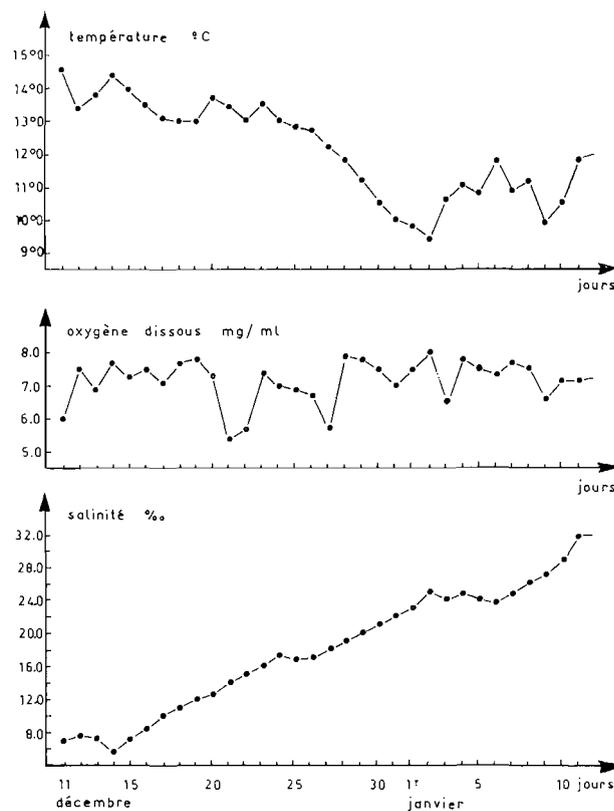


FIG. 72. — Conditions de milieu dans le bassin au cours de la période d'adaptation : décembre 1973 - janvier 1974.

### a) Conditions d'expérience.

Considérant les taux élevés de salinité rencontrés à cette époque dans l'eau de l'étang, nous avons opté pour une acclimatation plus lente que celle de l'année précédente : un mois au lieu de 18 jours. La courbe de la figure 72 indique un accroissement progressif de la salinité de 7,0 à 12,5‰ pendant les premiers dix jours, de 12,5 à 22,0‰ les dix jours suivants pour atteindre 31,5‰ à la fin du mois. Les quelques chutes de salinité notées sur le graphique correspondent, d'une part aux baisses de salure de l'étang, d'autre part aux arrêts accidentels des pompes. Durant cette période d'adaptation, le taux d'oxygène dissous se situe entre 6,0 et 7,8 mg/l pendant les dix premiers jours, entre 5,4 et 7,9 mg/l les dix jours suivants et entre 6,5 et 8,0 mg/l les dix derniers jours. La température, qui est de 14,6° en début d'expérience, diminue progressivement jusqu'au 23<sup>e</sup> jour où elle atteint 9,4°. Elle remonte ensuite et varie alors entre cette valeur et 11,8° ainsi que le montre la courbe.

L'élevage proprement dit dure du 11 janvier au 7 mars. Pendant ces huit semaines, la salinité reste voisine de 30‰, le taux d'oxygène dissous se situant autour de 6,5 mg/l et la température moyenne s'abaissant progressivement de 11,3 à 7,3°. Les courbes de la figure 73 indiquent successivement, pour chaque semaine, les conditions de milieu existant dans le bassin d'élevage. Ainsi, au cours de la première semaine (du 11 au 17 janvier), on enregistre des variations de salinité; celle-ci passe de 26,8 à 32,2‰, la moyenne se situant à 30,6‰. Parallèlement, les taux oscillent entre 6,7 et 8,0 mg/l (moyenne 7,1 mg/l) et la température entre 9,9 et 12,6° (moyenne 11,3°).

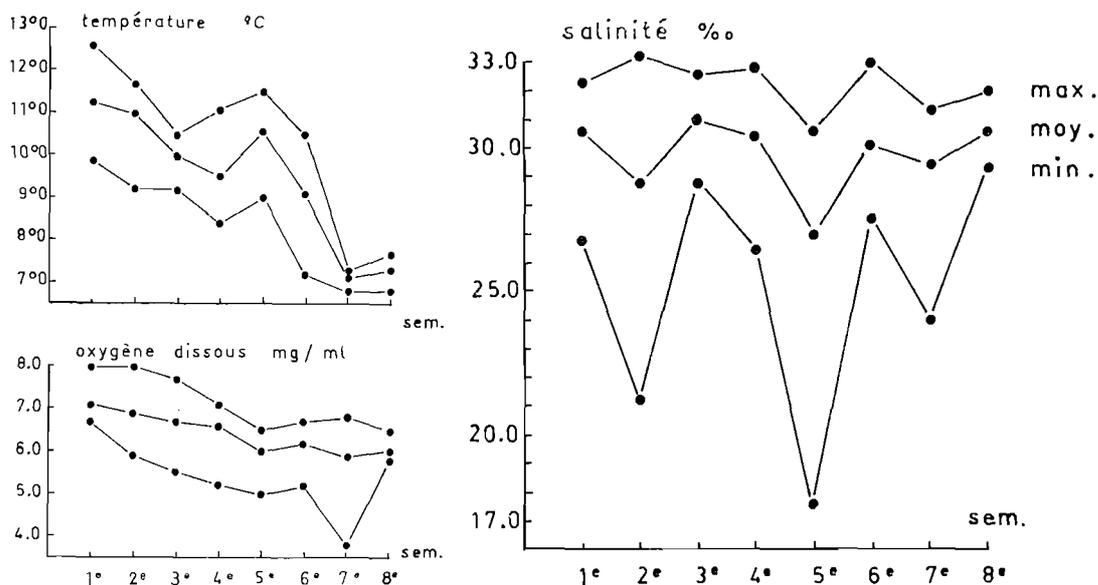


FIG. 73. — Conditions de milieu dans le bassin pendant l'élevage en eau salée : 10 janvier - 7 mars 1974.

La semaine suivante, de fortes rafales de vent, suivies d'une importante chute de pluie, font baisser la salinité jusqu'à 21,2‰, mais elle remonte très rapidement jusqu'à un maximum de 33,2‰, la moyenne se situant à 28,8‰. La quantité d'oxygène disponible varie entre 5,9 et 8,0 mg/l (moyenne 6,9 mg/l) et la température entre 9,2 et 11,7° (moyenne 11° C).

Durant la troisième semaine, la salinité change peu; la moyenne est de l'ordre de 31,0‰, le minimum de 28,8‰ et le maximum de 32,6‰. Le taux d'oxygène dissous varie entre 5,5 et 7,7 mg/l (moyenne 6,7 mg/l) et la température entre 9,2 et 10,5° (moyenne 10°).

La quatrième semaine apporte également peu de changements dans les conditions de milieu, la salinité restant comprise entre 26,5 et 32,8‰ (moyenne 30,4‰), le taux d'oxygène entre 5,2 et 7,1 mg/l (moyenne 6,6 mg/l) et la température entre 8,4 et 11,1° (moyenne 9,5°).

Pendant la cinquième semaine, la salinité chute accidentellement à 17,6‰ pour remonter, 24 heures plus tard, à 30,6‰; la moyenne de 27,0‰ est la plus basse enregistrée au cours de l'élevage de ce lot. Le taux d'oxygène dissous varie de 5,0 à 6,5 mg/l (moyenne à 6,0 mg/l) et la température de 9° à 11,5° (moyenne à 10,6°).

Si la variation de salinité offre une moindre amplitude, la semaine suivante (27,6 à 33,0‰, moyenne 30,0‰), la température diminue de façon plus importante puisque sa moyenne tombe à 9,1°, sa valeur maximale étant de 10,5° et sa valeur minimale de 7,2°. Le taux d'oxygène moyen se situe entre 5,2 et 6,7 mg/l.

La septième semaine est caractérisée par une diminution de tous les paramètres étudiés. La salinité oscille entre 24,0 et 31,4‰ (moyenne 29,5‰), le taux d'oxygène entre 3,8 et 6,8 mg/l (moyenne 5,9 mg/l) et la température entre 6,8 et 7,3° (moyenne 7,1°).

Au cours de la dernière semaine, les valeurs remontent légèrement, la salinité se situant entre 29,4 et 32,0 ‰, le taux d'oxygène entre 5,8 et 6,3 mg/l et la température entre 6,8 et 7,7°.

L'alimentation des truites est assurée par la distribution quotidienne de granulés dont le poids correspond à 1,5 % du poids vif des sujets à partir du 31 décembre et pendant une semaine. Il est élevé à 1,8 % durant la semaine suivante et enfin à 2,4 % jusqu'à ce que les poissons atteignent la taille commerciale.

b) Résultats.

Les truites ont un excellent comportement malgré la salure élevée. Elles sont bien adaptées et supportent sans fatigue apparente les écarts de température et de salinité qui interviennent tout au long de leur élevage.

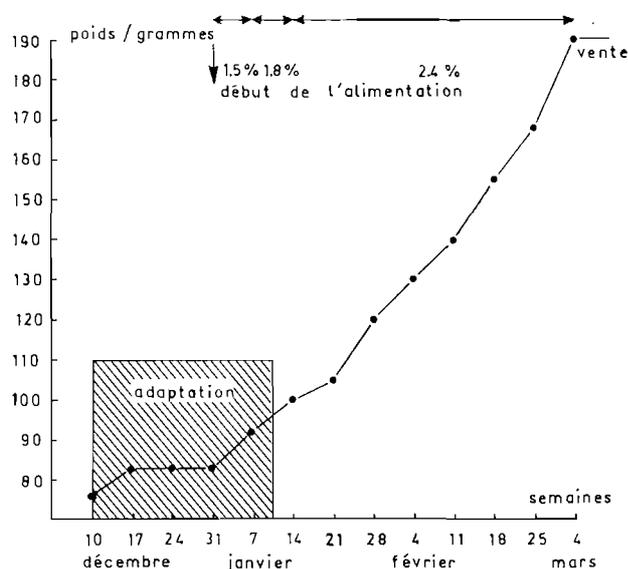


FIG. 74. — Croissance des truites en eau de mer : décembre 1973 - mars 1974.

**Mortalité.** Le taux de mortalité n'atteint que 1,2 % pendant l'acclimatation, dont 0,6 % dus aux diverses manipulations de tri et de transport au moment du déversement dans le bassin. En fin d'élevage la mortalité enregistrée est de 2,4 %. Les pertes totales, calculées en tenant compte du poids moyen des truites à la date du 4 mars et du poids total de poisson retiré du bassin pour la vente, sont estimées à 17 %. Elles comprennent la mortalité, les fuites et la prédation par les anguilles, les rats et les oiseaux.

**Croissance.** Lorsque l'adaptation s'étale sur un mois, elle ne provoque pas de perte d'appétit. La croissance débute le 31 décembre en même temps que l'alimentation alors que les truites pèsent en moyenne 83 g. Une semaine plus tard, leur poids est de 92 g. Il atteint 100 g la semaine suivante et, comme l'indique la courbe de croissance de la figure 74, il augmente régulièrement chaque semaine jusqu'à 190 g. Ce poids commercial est obtenu après neuf semaines d'alimentation ; la ration normale n'a été distribuée que pendant sept semaines.

Du point de vue de la couleur, les truites présentent les mêmes caractéristiques que celles de l'année précédente ; elles ont les mêmes qualités quant à la conservation et quant au goût.

3) Essais d'adaptation du mois de mars 1974.

Le 4 mars 1974, un lot de 34 500 truites arc-en-ciel pesant en moyenne 92 g est déversé dans le deuxième bassin de la série « eau de mer ». Ces truites proviennent d'une pisciculture où

la température est de l'ordre de 6° ; elles subissent donc, lors du transfert, un choc thermique important. Elles sont gardées dix jours à une salinité variant entre 2,5 et 6,2 ‰ avant d'être acclimatées. La salinité de l'eau pompée au niveau de ce bassin ne dépassant pas 26,0 ‰, une période d'adaptation plus courte qu'en décembre peut suffire.

a) Conditions d'expérience.

La période d'adaptation au cours de laquelle la salinité s'élève de 6,2 à 26,0 ‰ s'étend sur 15 jours. La courbe de la figure 75 montre une certaine irrégularité dans l'accroissement du degré de salure de l'eau du bassin. Cette irrégularité est principalement due à des insuffisances de pompage.

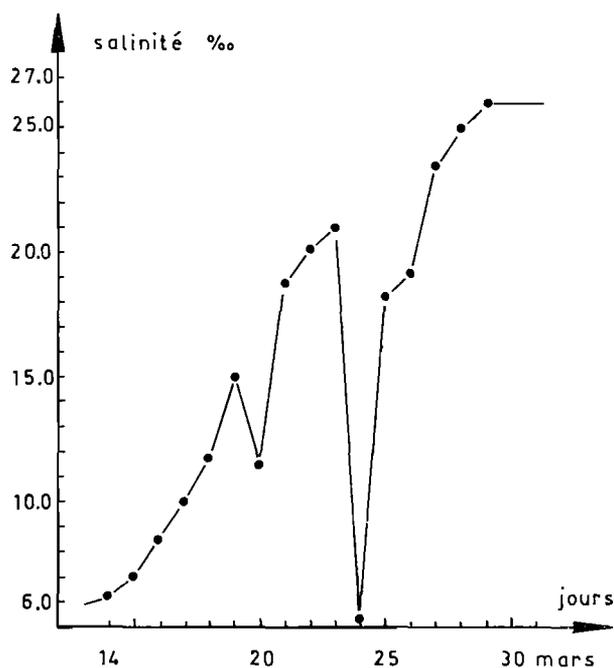


FIG. 75. — Evolution du taux de salinité pendant la période d'adaptation en mars 1974.

Le 15 mars, la salinité commence à augmenter d'environ 1,5 ‰, chaque jour, conformément au plan de travail préalablement établi. Des difficultés de pompage viennent rompre cette progression à deux reprises ; elles font descendre les taux de salinité, respectivement de 15,0 à 11,5 ‰, puis 4 jours plus tard, de 21,0 à 5,2 ‰. Le 29 mars, la salinité maximale de 26,0 ‰ est atteinte ainsi que l'indique la courbe de la figure 75.

Durant cette période et dans un premier temps, la température diminue de 17° à 13,1° en fonction de l'augmentation de la quantité d'eau salée plus fraîche apportée dans l'eau douce. Dans un deuxième temps elle s'élève, en fonction du réchauffement saisonnier de l'air et de l'eau de l'étang, de 13,1 à 17,7°.

Le taux d'oxygène dissous varie entre 6,0 et 6,6 mg/l la première semaine et entre 5,7 et 6,8 mg/l la seconde.

L'alimentation est du même type que celle fournie lors des adaptations précédentes.

b) Résultats.

**Mortalité.** Les différents problèmes qui ont surgi au cours de l'adaptation entraînent une mortalité plus élevée que lors des acclimatations antérieures. Le choc thermique dû au transfert de la pisciculture d'origine, ajouté aux brusques variations de la salinité et aux taux très moyens

d'oxygène augmentent la mortalité qui atteint 12 % en fin d'élevage. Considérant le poids moyen des truites et le poids total des poissons sortis du bassin lors de la vente, on peut estimer les pertes totales à 48 % (mortalité contrôlée, fuites, prédation et mortalité sur le fond).

*Croissance.* La croissance est correcte puisque des truites de 92 g au 4 mars pèsent 120 g le 25 mars, au cours de l'adaptation, 130 g après cinq semaines de séjour dans le bassin et 153 g au bout de sept semaines dont trois et demi passées en eau à 26‰. Il faut aux truites neuf semaines pour atteindre le poids commercial de 190 g. La courbe de la figure 76 montre l'évolution de cette croissance entre 92 et 190 g.

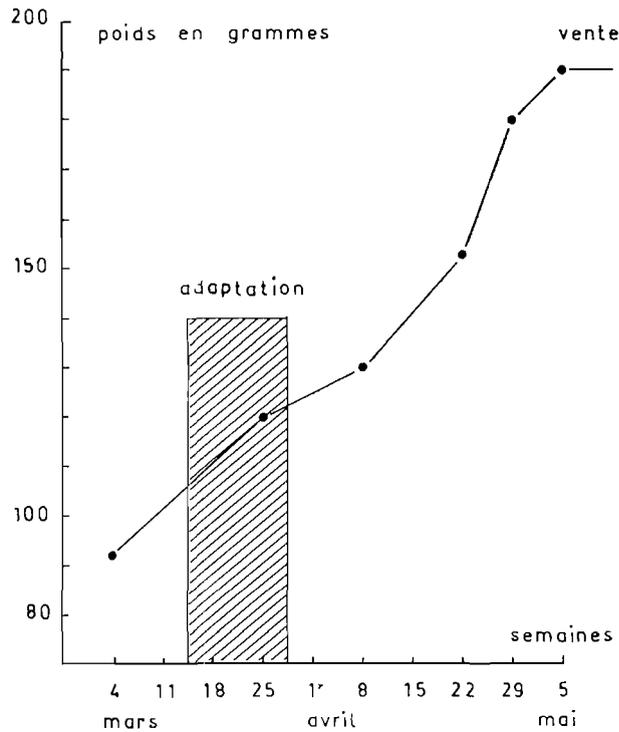
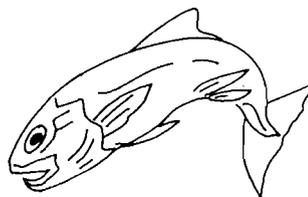


FIG. 76. — Courbe de croissance des truites de mars à mai 1974.

Ces trois essais effectués dans le Roussillon montrent que l'élevage des truites arc-en-ciel en eau salée y est possible. Si l'origine des poissons a son importance, la programmation et l'étalement de la période d'acclimatation ont également un rôle primordial pour un déroulement de l'élevage satisfaisant et, par conséquent, pour une bonne croissance.

Compte tenu des résultats obtenus lors des différentes expériences et en considérant l'extrême variabilité des conditions de milieu rencontrées, il est permis de penser que des élevages similaires soient envisageables en d'autres lieux, en adaptant à chacun d'entre eux les techniques employées.



## CONCLUSION GENERALE

La détermination des Salmonidés pêchés en mer Méditerranée a été possible grâce aux études morphologiques et morphométriques et aux marquages, d'une part, aux méthodes immunologiques et biochimiques d'autre part. Il s'est avéré que les « truites de mer » appartiennent aux espèces *Salmo trutta* L. dans sa variété *Salmo trutta fario* et *Salmo gairdneri* dans sa variété *irideus*, qui peuplent, d'ordinaire, les eaux douces de nos rivières et de nos piscicultures. Ces truites se sont adaptées naturellement à des conditions de vie totalement différentes de celles qu'elles avaient l'habitude de supporter. Ce départ vers la mer peut s'expliquer, pour certaines, par un rappel de l'instinct migrateur; pour d'autres, il n'est sans doute que le fait du hasard.

Les essais expérimentaux entrepris au laboratoire, puis en milieu naturel, avaient pour fin d'étudier les possibilités d'acclimatation des truites à l'eau de mer. Ils ont permis de confirmer les étonnantes qualités d'adaptation de ces poissons dans des conditions de milieu souvent extrêmes. Les truites arc-en-ciel ont montré plus de résistance aux différents changements de milieu que les truites communes de rivière. L'origine des truites et leur état sanitaire au départ, ainsi que la qualité des diverses manipulations qu'elles subissent, revêtent une grande importance pour le déroulement de l'élevage.

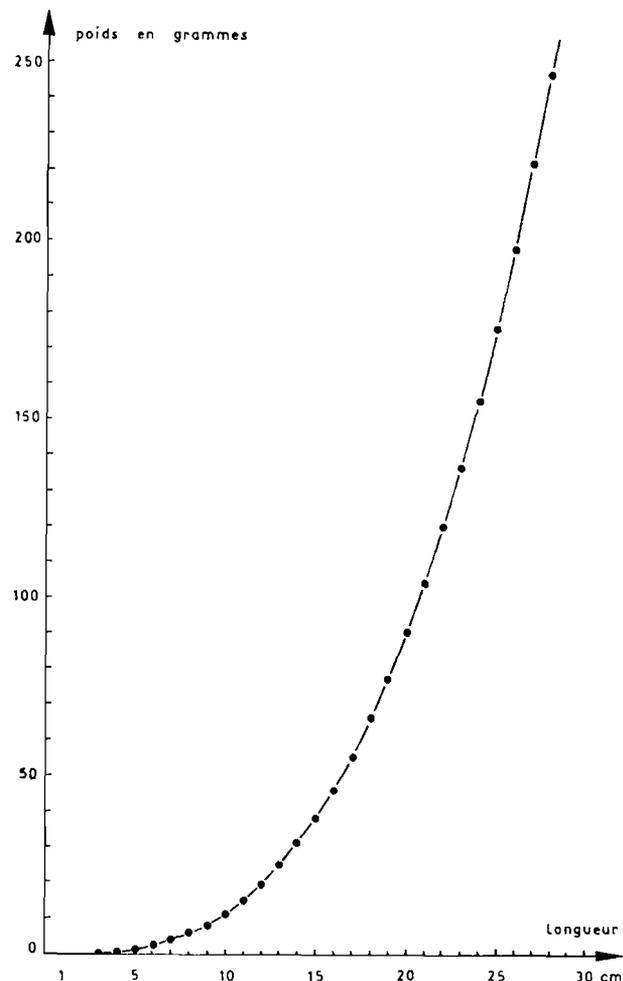
Au cours des expériences réalisées, dont certaines dans des conditions éminemment variables, l'influence de la température et de l'oxygène a été précisée. Ainsi, au-delà de 23° C, l'adaptation s'est révélée plus difficile, la mortalité augmentant rapidement avec la température. En outre, plus encore qu'en eau douce, la résistance des poissons aux chocs de toutes sortes est proportionnelle à la quantité d'oxygène dissous disponible dans le milieu. Cette résistance est également en relation directe avec la taille des truites expérimentées d'une part, la durée de la période d'adaptation d'autre part. Ainsi, bien que les poissons de petite taille aient déjà certaines possibilités d'acclimatation, il semble plus intéressant d'utiliser des truites de plus grande taille, à condition qu'elles ne soient pas en période de maturation sexuelle, état qui provoque, chez les mâles en particulier, un ralentissement important de la croissance.

Si des transferts brusques à des salinités élevées ont entraîné des mortalités importantes, même chez les truites de grande taille, des immersions directes à des salinités moyennes ont été possibles avec des individus ayant dépassé 18 cm. Cependant, de meilleurs résultats peuvent être obtenus, non seulement quant à l'acclimatation elle-même, mais aussi quant à la croissance ultérieure des poissons, si les sujets sont soumis à une période d'adaptation progressive à la salinité. Plus le degré de salure à atteindre est élevé, plus cette période doit être longue. De cette durée dépendra le comportement futur des truites.

Comme nous pouvons le voir, la viabilité d'une entreprise aquacole dépend donc d'un grand nombre de facteurs; un élevage s'étant avéré rentable dans un endroit peut ne pas l'être dans un autre. Cependant, à la suite des expériences réalisées en France et en d'autres pays, l'élevage de la truite en eau de mer est possible à condition non seulement de disposer à la fois d'eau douce et d'eau salée bien oxygénées, mais également d'adapter les techniques au site choisi et de les ajuster en fonction du comportement des différents lots de poissons utilisés. A cet

effet, il faut signaler que l'amélioration des espèces entraînerait un progrès sensible dans ce domaine. Si, jusqu'à présent, peu de résultats pratiques ont été obtenus à la suite des essais d'hybridation, on peut en espérer de meilleurs en ce qui concerne la sélection de souches particulièrement adaptées à l'élevage en eau de mer : souches à croissance rapide, tolérantes aux températures ou aux salinités élevées, résistantes aux maladies. L'intérêt serait important, car de tels élevages, fournisseurs de protéines de haute valeur commerciale, permettraient, en Europe tout au moins, d'apporter parallèlement à l'établissement de piscicultures marines de type industriel un complément non négligeable aux activités halieutiques dans les étangs salés et les lagunes.

### ANNEXE



Correspondance entre les poids et les tailles des truites.  
Normes américaines HASKELL.

BIBLIOGRAPHIE

- ALABASTER (J.S.) et DURBIN (F.J.), 1965. — Blood groups in Salmon trout and their hybrids. — *Ann. Rep. Salm. Res. Trust Ire* for the year 1964, p. 38-39.
- ANONYME, 1973. — Tables océanographiques internationales. — National Institute of Oceanography of Great Britain.  
— 1975. — Information n° 1. — Publication de l'Association pour le développement de l'aquaculture.
- ARNAUD (P.) et RAMBAULT (R.), 1969. — L'étang de Salses-Leucate. Ses principaux caractères physico-chimiques et leurs variations (en 1955-1956 et de 1960 à 1968). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **33** (4), p. 335-443.
- ARRIGNON (J.), 1970. — Aménagement piscicole des eaux intérieures. — Paris S.E.D.E.T.E.C., S.A. édit., 643 p.
- AUDOUIN (J.) et MAURIN (C.), 1958. — Note sur la présence de poissons du genre *Salmo* dans le bassin occidental de la Méditerranée. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **22** (3), p. 337-343.
- BAGGERMAN (B.), 1960. — Factors in the diadromous migrations of fish. — *Symp. Zool. Soc. London*, **I**, p. 33-60.
- BERG (L.S.), 1935. — Sur les unités taxonomiques chez les poissons. — *Bull. Mus. Hist. nat. Paris*, 2° s., **VII**, p. 79-84.
- BESSE (P.), 1951. — La saumonisation artificielle chez les Salmonidés: truites et saumons de fontaine. — *C.R. Acad. Sci.*, **233**, p. 637-639.
- BORDET (J.), 1898. — Sur l'agglutination et la dissolution des globules rouges par le sérum d'animaux injectés de sang défibriné. — *Ann. Inst. Pasteur*, **12**, p. 688-695.
- BOUTHILLIER (L.P.), 1961. — The influence of various diets on trout growth and pigmentation. — *Progressive fish culturist*, **23** (4), p. 169-174.
- BUSNEL (R.G.), 1942. — Recherches de physiologie appliquée à la pisciculture: à propos de la migration de la truite arc-en-ciel. — *Bull. franç. Piscic.*, n° 127, p. 45-65.  
— 1943. — Recherches de physiologie appliquée à la pisciculture: à propos de la migration de la truite arc-en-ciel. — *Ibid.*, n° 128, p. 108-117.
- BUSNEL (R.G.) et DRILHON (A.), 1946. — Recherches sur la physiologie des Salmonidés. Adaptation aux eaux saumâtres de *Salmo irideus* à ses différents stades. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 893, p. 1-7.
- CALAPRICE (J.R.) et CUSHING (J.E.), 1967. — A serological analysis of 3 populations of Golden trout, *Salmo aguabonita* JORDAN. — *Calif. Fish. and Game*, **53** (4), p. 272-281.
- CALDERON (E.), 1965. — L'élevage de la truite *farlo* et de la truite arc-en-ciel dans les eaux à température très élevée. — *Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit.*, **30**, 25 p., 16 graphiques.
- CAMPBELL (R.N.), 1961. — The Growth of brown trout *Salmo farlo* in acid and alkaline waters. — *Salm. Trout. Mag.*, **161**, p. 47-52.
- CLERC (M.) et LEE (J.Y.), 1960. — Premières recherches sur l'hématologie et la sérologie des poissons (sardines du golfe du Lion). — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **16**.
- COBLE (D.), 1961. — Influence of water exchange and dissolved oxygen in redds on survival of Steelhead trout embryos. — *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **90**, p. 469-474.
- CONTE (F.P.) et WAGNER (H.H.), 1965. — Development of osmotic and ionic regulation in juvenile steelhead trout *Salmo gairdneri*. — *Comp. Biochem. Physiol.*, **14**, p. 603-620.
- C.T.G.R.E.F. — L'élevage des Salmonidés au Danemark et en Norvège. — Rapport de mission du ministère de l'Agriculture et du Développement rural. Groupement de Bordeaux, novembre 1973-mars 1974, 54 p.
- CUSHING (J.E.), 1952. — The serological differentiation of fish bloods. — *Science*, **115**, p. 404-405.  
— 1956. — Observations on the serology of tuna. — *U.S. Fish. Wildl., spec. sci. Rep. Fish.*, n° 183, p. 1-14, 12 tabl.  
— 1964. — The blood groups of marine animals. — *Adv. Mar. Biol.*, **2**, p. 85-131.
- CUSHING (J.E.) et SPRAGUE (L.), 1952. — The agglutination of fish erythrocytes by normal human sera. — *Biol. Bull.*, **103** (3), p. 328-335.
- DAY (F.), 1887. — British and Irish Salmonidae. — Londres, WILLIAMS and NORGATE.
- DERRION (M.), 1964. — A propos des truites de mer de la Canche. — *Bull. franç. Piscic.*, **215**, p. 62-69.
- DELITSCH (H.F.) et Mac SHAN (W.H.), 1949. — Biophysical studies of blood plasma proteins. XII. Electrophoretic studies of the blood serum proteins of some lower animals. — *J. Biol. Chem.*, n° 180, p. 219-234.
- DOTTRENS (E.), 1951. — Poissons d'eau douce. I. Des lamproies aux salmonidés. — Delachaux et Niestlé S.A. Neuchâtel, Paris, 181 p., 32 pl.

- DRILHON (A.), 1954. — Etude biologique de quelques protides sériques de sangs de poissons au moyen de l'électrophorèse sur papier. — *C.R. Soc. Biol., Paris*, **148**, p. 1218-1220.
- DRILHON (A.) et FINE (J.-M.), 1957. — Les albumines chez quelques espèces de poissons. — *C.R. Acad. Sci. Paris*, **245**, p. 1676-1679.
- 1963. — Dimorphisme sexuel dans les protéines sériques de *Salmo salar*; étude électrophorétique. — *C.R. Soc. Biol., Paris*, **157** (11), p. 1897-1900.
- DRILHON (A.), FINE (J.-M.) et DAOULAS (F.), 1958. — Etude électrophorétique de quelques constituants sériques des Poissons. — *Ann. Inst. océanogr.*, **35** (2), p. 141-158, 2 pl.
- FAGE (L.), 1912. — Essais d'acclimatation du saumon dans le Bassin de la Méditerranée. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 225, p. 1-13.
- FONTAINE (M.) et BOUCHER-FIRLY (Mme), 1932. — Sur la teneur en protéines du sérum des poissons. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 610, p. 1-7.
- FONTAINE (M.) et CALLAMAND (O.), 1948. — Nouvelles recherches sur le déterminisme physiologique de l'avalaison des poissons migrateurs amphibiotiques. — *Bull. Mus. Hist. Nat.*, p. 317-320.
- FONTAINE (M.), LELOUP (J.) et OLIVEREAU (M.), 1952. — La fonction thyroïdienne du jeune saumon *Salmo salar* L. (par et smolt) et son intervention possible dans la migration d'avalaison. — *Arch. Sci. physiol.*, **6**, p. 83-104.
- FONTAINE (M.) et BARADUE (M.M.), 1954. — Influence d'une thyroxinisation prolongée sur l'euryhalinité d'un salmonidé, la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdnerii* R.). — *C.R. Séanc. Soc. Biol.*, **148**, p. 1942-1944.
- FROST (W.E.) et BROWN (M.E.), 1967. — The trout. — Londres, COLLINS, 286 p., annexes et bibliographie.
- FUJINO (K.), 1953. — On the serological constitution of the Sei-, Fin-, Blue- and Humpback-whales. — *Sci. Rep. whales Res. Inst.*, n° 8, p. 103-122.
- 1962. — Blood types of some species of antarctic whales. — *The American Naturalist*, **XCVI** (889), p. 205-210.
- FUJINO (K.) et CUSITING (J.E.), 1960. — Blood types in Fur Seals. — *Science*, **131** (3409), p. 1310.
- GARSDIE (E.T.), 1966. — Development rate and vertebral number in Salmonids. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **23** (10), p. 1537-1551.
- GEMEROY (D.G.), 1943. — On the relationship of some common fishes as determined by the precipitin reaction. — *Zoologica*, n° 28, p. 109-123.
- GIRAL (J.), 1927. — Rapport sur la matière organique de l'eau de mer. — *Comm. int. Explor. Sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **2**.
- GOURRET (P.), 1897. — Les étangs saumâtres du midi de la France et leurs pêcheries. — *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, **5**, mém. 1, 386 p., 153 fig.
- GRANGAUD (R.), DIEUZEIDE (R.), MASSONET (R.) et DOUARD (T.), 1952. — Saumonisation de *Salmo irideus* G. par administration d'Astaxanthine. — *C.R. Acad. Sci.*, **235**, p. 213-214.
- GRASSÉ (P.), 1958. — Traité de Zoologie, **XIII** (III). — Paris, MASSON et C<sup>ie</sup>, éd.
- GÜNTHER (A.), 1866. — Catalogue of the physostomi. — Collection of the British Museum, London, 368 p.
- HASKELL (D.C.), 1959. — Trout growth in hatcheries. — *Fish and Game Journal*, New York, **6**, n° 2, p. 204-237.
- HEWITT (E.R.), 1939. — Correspondance: trout growth. — *Salmon and Trout Mag.*, n° 97, p. 302-303.
- HODGINS (H.O.), RIDGWAY (G.J.) et UTTER (F.M.), 1965. — Electrophoretic mobility of an immune globulin from Rainbow trout serum. — *Nature*, **208**, p. 1106-1107.
- HOUSTON (A.), 1961. — Influence of size upon the adaptation of Steelhead trout (*Salmo gairdneri*), and chum salmon (*Oncorhynchus keta*) to sea water. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **18** (3), p. 401-415.
- HUBBS (C.L.), 1926. — The structural consequences of modification of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. — *Am. Nat.*, **60**, p. 57-81.
- HUET (M.), 1970. — Traité de Pisciculture. — Bruxelles, Ch. DE WYNGAERT, éd., 718 p.
- JACOBSEN (J.P.), ROBINSON (R.J.) et THOMPSON (T.G.), 1921. — A review of the determination of dissolved oxygen in the seawater. — *Stat. Oceanogr. phys.*, Bergen. — Union Geod. Geoph. inter., publ. n° 11, 10 p.
- JENSEN (K.), 1967. — Rapport sur l'élevage en eau salée de truites arc-en-ciel et de saumons en Norvège. — *Technical paper*, F.A.O.-E.I.F.A.C., **3**, p. 43-48.
- KEYVANFAR (A.), 1962. — Sérologie et immunologie de deux espèces de thonidés (*Germo alalunga* GMELIN et *Thunnus thynnus* LINNÉ) de l'Atlantique et de la Méditerranée. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26** (4), p. 407-456.
- KINNE (O.), 1966. — Physiological aspects of animal life in estuaries with special reference to salinity. — *Netherlands J. Sea Res.*, **3** (2), p. 222-244.
- KISHI (K.), 1925. — Expérience sur les agglutinations dues à la présence d'hétéroagglutinogènes chez divers animaux. — *Bull. «Jouzenkai»*, **31**, p. 589-600.
- KNUDSEN et OXNER, 1920. — Chloruration par la méthode de Knudsen. — *Bull. Comm. int. Explor. sci. Médit.*, n° 3, Monaco.

- KOHN (J.), 1957. — A cellulose acetate supporting medium for zone electrophoresis. — *Clin. Chim. Acta*, **2**, p. 297-303.
- LANDGREBE (F.W.), 1941. — The role of the pituitary and the thyroid in the development of teleosts. — *J. Exper. Biol. London*, **18**, p. 162-169, pl. 1.
- LANDREIN (S.), 1970. — Adaptation des truites *Salmo irideus* et *Salmo fario* au milieu marin. — *Comm. int. Explor. sci. Médit.*, Journées ichtyol., Rome, p. 199-200.
- 1973. — Elevage de truites en milieu marin. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 230, 12 p.
- LANDREIN (S.) et PICHOT (P.), 1968. — Intérêt de l'application des méthodes immuno-hématologiques à l'étude des poissons de la côte nord-ouest africaine. — *Cons. int. Explor. Mer*, n° 13.
- LANDSTEINER (K.), 1900. — Zur Kenntnis der antifermantativen Lytischen und agglutinierenden wirkungen des Blutserums und der Lymphe. — *Zentrabl. Bakt.*, **27**, p. 357-362.
- LAURENT (G.), 1932. — La végétation des terres salées du Roussillon. — Paris, P. LECHEVALIER, 304 p.
- LEE (J.Y.), 1961. — La sardine du golfe du Lion (*Sardina pilchardus sardina* REGAN) : premières données sur l'hématologie et la sérologie. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **25** (4), p. 472-473.
- 1965. — Note complémentaire sur la sérologie des sardines du golfe du Lion. — *Rapp. P.V. Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, **18** (2), p. 233-234.
- LOZANO REY (L.), 1947. — Peces ganoideos y fisostomos. — *Mem. Real Acad. Cienc. exact., físic. y natur. Madrid*, **11**, p. 99-122.
- LYSAK (A.) et BIENIARZ (K.), 1965. — Serum protein composition of sea trout (*Salmo trutta* L.) during the spawning period. Electrophoretic Investigation. — *Intern. Coun. Explor. Sea, Salmon and Trout Committee* n° 92, 7 p., 8 fig.
- MAURIN (C.), 1963. — Nouvelles captures de Salmonidés en Méditerranée occidentale ; leur interprétation sur le plan biologique. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **27** (2), p. 177-178.
- 1965. — Premières observations sur l'acclimatation des truites en eau salée. — *Rapp. P.V. Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, **18** (3), p. 721-722.
- MENZIES (W.J.), 1936. — Sea trout and trout. — London, Edward ARNOLD.
- MILNE (P.H.), 1970. — Marine fish farming in Scotland. — *World Fishing*, **19** (9), p. 46-50.
- 1974. — A visit to Japan's fish farm industry. — *Fish Farming Intern.*, n° 2, p. 45-46.
- MIYASAKI (J.), 1930. — Les caractères du sang des animaux d'après les réactions d'agglutination obtenues avec des iso-agglutinogènes humains. — *Rapp. Dept. Médecine légale, Univ. Méd. Nagasaki*, n° 2, p. 543-555.
- MOREAU (E.), 1881. — Histoire naturelle des poissons de la France. — Paris, MASSON éd., III, 523-540.
- 1891. — Histoire naturelle des poissons de la France. — Suppl. — Paris, MASSON éd., p. 124-126.
- MOTTLEY (C.), 1934. — The effect of temperature during development of the number of scales in the Kamloops trout *Salmo kamloops* JORDAN. — *Contr. Can. Biol. and Fish.*, n.s. **8**, p. 253-263.
- NEEDHAM (P.R.) et GARD (R.), 1959. — Rainbow trout in Mexico and California. — *Univ. Calif. Publ. Zool.*, **67** (1), p. 1-124.
- NUTTALL (G.H.), 1901. — The new biological test for blood in relation to zoological classification. — *Proc. Roy. Soc. London*, **69**, p. 150-153.
- NYMAN (L.), 1965. — Species specific proteins in freshwater fishes and their suitability for a « protein taxonomy ». — *Here.*, 53-10, p. 117-126.
- 1967. — Protein variations in Salmonidae. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, n° 47, p. 1-38, fig., réf.
- OTTERSTRÖM (M.C.), 1935. — Saumon et truite. Directives pour leur différenciation. — *Bull. franç. Piscic.*, n° 89.
- PARRY (G.), 1958. — Size and osmoregulation in Salmonid Fishes. — *Nature*, Londres, **181**, p. 1218-1219.
- PENTELOW (F.T.), 1944. — Nature of acid and soft water in relation to the growth of brown trout. — *Nature*, Londres, **153**, p. 464.
- PETERSON (D.), JÄGER (H.), SAVAGE (G.), WASHBURN (G.) et WESTERS (H.), 1966. — Natural coloration of trout using Xanthophylls. — *Transamerican fish. Soc.*, **95** (4), p. 408-414.
- PHÉLIPOT (P.), 1971. — L'énigmatique truite de mer. — *Penn ar bed*, **8** (64), fasc. 1, p. 17-27.
- PICHOT (P.), 1973. — Etude sérologique et biochimique de trois espèces de merlus *M. merluccius* (L.), *M. senegalensis* CADENAT, *M. cadenati* DOUTRE. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **37** (2), p. 233-247.
- POST (G.), 1966. — Serum proteins and antibody production in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **23** (12), p. 1957-1963.
- RAVERET-WATTEL (C.), 1914. — La pisciculture industrielle. — Paris, G. DOIN et C<sup>ie</sup>, 408 p., 74 fig.
- RIDGWAY (G.J.), 1961. — Demonstration of blood groups in trout and salmon by iso-immunisation. — *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **97** (1), p. 111-115.

- RIDGWAY (G.J.), CUSHING (J.E.) et DURALL (G.L.), 1958. — Serological differentiation of population of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). — *Sp. Sci. Rept. Fish, Fish Wildl. Serv.*, n° 257, p. 1-9.
- RIDGWAY (G.J.) et KLONTZ (G.W.), 1960. — Blood types in Pacific Salmon. — *U.S. Fish and Wildl. Serv. Spec. Sci. Rept. Fish.*, n° 324, p. 1-9.
- SAITO (K.), 1958. — Biochemical studies on the fish blood. XIII. On the electrophoretic specificity of serum lipoprotein and glucoprotein. — *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **24** (6-7), p. 531-534.
- SANDERS (B.G.) et WRIGHT (J.E.), 1962. — Immunogenetic studies in two trout species of the genus *Salmo*. — *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **97** (1), p. 116-130.
- SCHMIDT (J.), 1919. — Racial studies in fishes. III. Diallel crossings with trout (*Salmo trutta* L.). — *J. Gen.*, **9**, p. 61-67.
- SCHMIDT (P.J.) et BAKER (E.G.), 1969. — Indirect pigmentation of salmon and trout flesh with canthaxanthin. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **26** (2), p. 357-360.
- SCOTT (J.), 1969. — Seatrout fishing. — LONSDALE library; London. SEELEY, Service and Co. Ltd, 216 p.
- SCOTT (W.B.) et CROSSMAN (E.J.), 1973. — Freshwater fishes of Canada. — *Fish. Res. Bd Canada*, bull. 184, p. 138-305.
- SHUMWAY (D.L.), WARREN (C.E.) et DOUDOROFF (P.), 1964. — Influence of oxygen concentration and water movement on the growth of Steelhead trout and Coho salmon embryos. — *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **93**, p. 342-356.
- SINDERMANN (C.J.), 1961. — Serological techniques in fishery research. — *Transact. 26th North Americ. Wildlife and Natur. Resources Conf.*, p. 298-309.
- SINDERMAN (C.J.) et MAIRS (D.F.), 1959. — A major blood group system in Atlantic sea herring. — *Copeia*, n° 3, p. 228-232.
- SMITH (D.C.), 1956. — The role of the endocrine organs in the salinity tolerance of trout. — *Mem. Endocr.*, **5**, p. 83-101.
- SOUTHERN (R.), 1932. — The food and growth of brown trout. — *Salm. Trout. Mag.*, n° 67, p. 168-176; n° 68, p. 243-258; n° 69, p. 339-344.
- SPRAGUE (L.M.) et VROOMAN (A.M.), 1962. — A racial analysis of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*) based on studies of erythrocyte antigens. — *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **97**, p. 131-138.
- SUGISHITA (S.), 1935. — Hérité et structure biochimique du sang humain d'après l'examen des agglutinations obtenues avec le sérum d'anguilles; chapitre IV. Note complémentaire sur les sous-groupes du groupe A et relation entre E et e. — *Rep. « Jouzenkai », Univ. Méd. Kanazawa*, **40** (11), p. 4643-4648.
- SUZUKI (A.), 1961. — Serological studies of the races of tuna. V. The blood groups of the yellowfin tuna. — *Rep. Nankai Reg. fish. Res. lab.*, n° 13, p. 53-67.
- 1962. — Serological studies of the races of tuna. VI. Bigeye -3 antigen occurred in the albacore. — *Ibid.*, n° 16, p. 67-70.
- 1962. — On the blood types of Yellowfin and Bigeye tuna. — *The American Nat.*, **XCVI** (889), p. 239-246.
- SUZUKI (A.) et MORIO (T.), 1959. — Serological studies of the races of tuna. III. Preliminary investigation of the antigens in tunas sera by agar plate-diffusion method. — *Rep. Nankai Reg. fish. Res. lab.*, n° 11, p. 165-173.
- 1960. — Serological studies of the races of tuna. IV. The blood groups of the bigeye tuna. — *Ibid.*, n° 12, p. 1-13, 12 tabl.
- SUZUKI (A.), MORIO (T.) et MIMOTO (K.), 1959. — Serological studies of the races of tuna. II. Blood groups frequencies of albacore in Tg. system. Part I: Comparison of the Indian and the Northwestern Pacific Ocean. — *Rep. Nankai Reg. fish. Res. lab.*, n° 11, p. 17-23.
- SUZUKI (A.), SHIMIZU (Y.) et MORIO (T.), 1958. — Serological studies of the races of tuna. I. The fundamental investigations and the blood groups of albacore. — *Rep. Nankai Reg. fish. Res. lab.*, Sanbashi-dori Kochi, Japan, n° 8, p. 104-116.
- TCHERNAVIN (V.V.), 1939. — The origin of salmon. Is its ancestor marine or freshwater? *Salm. Trout Mag.*, **95**, p. 120-140.
- TSUYUKI (H.) et ROBERTS (E.), 1963. — Species differences of some members of Salmonidae based on their muscle myogen patterns. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **20** (1), p. 101-104.
- VIBERT (R.) et LAGLER (K.), 1961. — Pêches continentales. — Paris, DUNOD, 720 p.
- WINKLER, 1888. — Technique du dosage de l'oxygène dissous dans l'eau basée sur la méthode de Winkler, modifiée par JACOBSEN (1921). — *Circulaire du Centre de Rech. et d'Et. Océanogr.*, I.T. n° 1, 1949.
- WRIGHT (J.E.), SKLENARIK (R.) et JAMES (S.), 1963. — Immunogenetic relationships of trout. — *Proceedings of the XIth Intern. Congress Genetics*, **1** (11-4), Netherlands.
- YAMANAKA (H.), KATSUMI (Y.), KANEHISA (H.) et FUMIO (M.), 1967. — Starch-gel electrophoresis of fish hemoglobin. III. Salmonoid fishes. — *Bull. Jap. Soc. Fish.*, **33**, p. 195-203.