

PS02/11

Découvrez plus de documents  
accessibles gratuitement dans [Archimer](#)



Publications du  
**CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS**  
**(CNEXO)**  
Série: Rapports scientifiques et techniques

N° 05 - 1971

**L'ELEVAGE DES SALMONIDES MIGRATEURS  
AMPHIBIOTIQUES EN AMERIQUE DU NORD**

*par*

*Yves HARACHE, Jean-Jacques BOULINEAU*



Rapp. scient. techn., CNEXO, N° 5

**C N E X O**

Rapport Scientifique et Technique n° 5

**L'ELEVAGE DES SALMONIDES MIGRATEURS AMPHIBIOTIQUES  
EN AMERIQUE DU NORD**

par

Yves HARACHE, Jean-Jacques BOULINEAU

Rapport de mission aux Etats-Unis et au Canada, 1970 - 1971

Centre Océanologique de Bretagne  
B.P. 337 - 29N, Brest



Ce rapport a été réalisé à la suite des stages que nous avons effectués dans divers établissements des Etats-Unis et du Canada (laboratoires ou écloseries) dans le cadre de deux bourses de spécialisation accordées par le C N E X O

Ce voyage avait pour but l'étude de la salmoniculture industrielle, afin de développer en France un programme de réalevinage de saumons et d'élevage des salmonidés en milieu marin.

En annexe sont fournis quelques chiffres concernant les importations françaises de saumon, destinés à situer l'importance économique du problème.

#### REMERCIEMENTS.

Nous tenons à remercier ici les responsables des différents organismes des Etats-Unis et du Canada qui nous ont permis de réaliser cette étude, ainsi que tous les biologistes, ingénieurs et techniciens qui ont bien voulu nous faire profiter de leur expérience.

- US Bureau of Sport Fisheries and Wildlife.
- Department of Fisheries and Forestry of Canada.
- Fisheries Research Board of Canada.
- US Bureau of Commercial Fisheries.
- College of Fisheries, Seattle.
- Washington Department of Fisheries.
- Washington State Fish and Game Commission.
- Oregon Fish Commission.
- International Pacific Salmon Fishery Commission.
- US Army Engineers division.

Nous remercions tout particulièrement pour l'aide qu'ils nous ont apportée, les directeurs des établissements dans lesquels nous avons pu travailler pendant plusieurs mois.

- Roger E. BURROWS (Salmon Laboratory - LONGVIEW - Washington).
- John E. HALVER (Western Fish Nutrition Lab - COOK - Washington).
- Dan F. MAC KINNON (Berlin National Fish Hatchery - New Hampshire).

## SOMMAIRE

	Numérotation
INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE : TECHNIQUES DE SALMONICULTURE.	13
Ch. I : <u>Les divers Salmonidés migrateurs amphibiotes d'Amérique du Nord.</u>	15
Ch. II : <u>Les écloseries, techniques et fonctionnement ( "Hatchery" )</u>	19
1 - Conditions d'implantation d'une pisciculture à saumons.	19
2 - Alimentation en eau.	20
3 - Capture des géniteurs.	29
4 - Fécondation artificielle.	37
5 - Incubation.	38
6 - Bassins d'élevage.	45
7 - Nourriture.	54
8 - Méthodes de contrôle de la production.	66
9 - Techniques de lâcher et de transport.	68
10 - Marquage des poissons.	70
11 - Maladies et traitements.	76
Ch. III : <u>Chenaux de frai et d'incubation ( "Spawning et incubation channels" ).</u>	83
1 - Caractéristiques.	83
2 - Chenaux de frai.	84
3 - Chenaux d'incubation.	85
SECONDE PARTIE : LES SAUMONS DU PACIFIQUE, REALISATIONS DE LA COTE OUEST	87
Ch. I : <u>Laboratoires de recherche</u>	89
1 - Western Fish Nutrition Laboratory, Cook (Washington)	89
2 - Salmon Cultural Laboratory, Longview (Washington)	90
3 - Western Fish Disease Laboratory, Seattle (Washington)	94
4 - College of Fisheries, University of Seattle (Washington)	96
5 - Bonneville Dam Hydrodynamic Laboratory, Bonneville (Oregon)	97
Ch. II : <u>Les piscicultures du bassin de la Columbia</u>	101
1 - Dworshak National Fish Hatchery (Idaho)	101

2 - Cowlitz Salmon and Cowlitz Game Hatchery (Washington)	105
3 - Spring Creek National Fish Hatchery (Washington)	110
4 - Little White Salmon National Fish Hatchery (Washington)	114
5 - Willard National Fish Hatchery (Washington)	117
6 - Carson depot (Washington)	118
7 - Carson National Fish Hatchery (Washington)	119
8 - Eagle Creek National Fish Hatchery (Oregon)	119
Ch. III : <u>Les "chenaux de frai" du Canada.</u>	121
1 - Weaver Creek (Colombie Britannique)	121
2 - Big Qualicum (Colombie Britannique)	122
TROISIEME PARTIE : LE SAUMON ATLANTIQUE, REALISATION DE LA COTE EST.	129
Ch. I : <u>Réalisations canadiennes</u>	130
1 - Mactaquac Fish Culture Station (New Brunswick)	130
2 - Gaspé Fish Culture Station (Québec)	135
Ch. II : <u>Réalisations américaines</u>	141
1 - Craig Brook National Fish Hatchery (Maine)	141
Ch. III : <u>L'aquaculture marine et son application au Canada : Seapool Fisheries Limited (Nova Scotia).</u>	145
CONCLUSION.	151

Dans ce mémoire, nous avons voulu donner un aperçu de l'ensemble des réalisations du continent nord-américain en matière d'élevage des salmonidés migrateurs amphibiotiques, regroupant les informations que nous avons pu réunir dans le but de les appliquer à un plan de repeuplement des rivières et de contribuer au développement de l'aquaculture en France.

Nous avons distingué trois parties :

- Dans la première partie, nous nous sommes attachés à faire la synthèse des techniques que nous avons eu la chance de voir fonctionner ou d'expérimenter nous-mêmes et des principaux problèmes posés par une pisciculture de saumons. Nous avons tenu compte de l'avis des utilisateurs pour établir un jugement comparatif, et adjoint une bibliographie du sujet qui devrait permettre aux intéressés d'approfondir certains problèmes.

Nous avons volontairement aboli toute distinction entre la côte atlantique et la côte pacifique, bien que les techniques utilisées diffèrent souvent. Nous sommes persuadés, et bien des spécialistes de renommée mondiale nous l'ont confirmé, que les découvertes récentes de la côte ouest sont parfaitement applicables au saumon atlantique et vice-versa. Il faut remarquer à ce sujet que l'évolution a été beaucoup plus rapide sur la côte pacifique.

- La deuxième partie fournit un aperçu des réalisations dans le domaine de l'élevage des saumons pacifiques, aux Etats Unis et au Canada ; y figure la description de plusieurs piscicultures parmi les plus modernes du monde.

- La troisième partie concerne les programmes de sauvegarde du saumon atlantique de l'état du Maine aux Provinces Maritimes Canadiennes.

## INTRODUCTION

Les rivières du continent Nord-américain abritaient encore au début du siècle de très importantes populations de saumons, tant sur la côte pacifique qu'atlantique. Pourtant le développement de villes tentaculaires et de grands complexes industriels menaçait déjà le saumon atlantique (Salmo salar).

Autrefois abondant dans les rivières du nord-est du Labrador à l'Hudson, il était progressivement repoussé plus au nord et diminuait rapidement dans la rivière Connecticut et dans l'état du Maine. En 1970, seules 8 rivières de cet état possédaient encore des saumons atlantiques aux Etats-Unis. Les pouvoirs publics américains construisirent alors la pisciculture fédérale de Craig Brook, dès 1871, car ils s'étaient rendus compte que le saumon ne serait pas sauvé seulement par l'aménagement des rivières et les restrictions de la pêche.

Bientôt le même problème se posa sur la côte pacifique, où on assistait à un net déclin des Oncorhynchus depuis le début du siècle. Cet appauvrissement était dû en grande partie à la prolifération anarchique des papeteries, et plus tard au développement de nombreux barrages hydroélectriques.

Là encore, on s'est aperçu très tôt que l'homme devait réparer les dommages qu'il causait et pallier la détérioration des conditions naturelles en produisant artificiellement des jeunes saumons. Une poignée de "Fish Culturists" se lança dans cette entreprise, assurant d'abord seulement l'incubation des oeufs, puis élevant les salmonidés pendant toute la durée de leur cycle en eau douce.

Au cours des années, sur les deux côtes, le travail des biologistes et des pisciculteurs a permis de surmonter les problèmes, de mettre au point des techniques, pour arriver vers le milieu des années 60 à un succès incontestable en partie grâce à l'aboutissement des recherches sur la nourriture artificielle.

Grâce aux importants efforts consentis par les gouvernements des Etats-Unis et du Canada, les saumons sont toujours nombreux dans les rivières et représentent une inappréciable richesse économique, tant sur le plan de la pêche sportive que dans le domaine commercial.



RESULTATS DES ENTREPRISES AMERICAINES ET CANADIENNES

1 - Côte Pacifique

L'exploitation commerciale des saumons a pris une grande importance sur la côte pacifique et le souci de maintenir les stocks de poissons s'est manifesté de façon plus intense que sur la côte est. La création de piscicultures et d'aménagements divers a permis non seulement de maintenir les populations d'Oncorhynchus, qui alimentaient une pêche sportive et maritime considérable, mais encore de les accroître artificiellement dans certaines régions.

Cinq espèces sont exploitées de la Californie à l'Alaska :

- Oncorhynchus gorbuscha : Saumon Pink
- Oncorhynchus nerka : Saumon Sockeye
- Oncorhynchus keta : Saumon Chum
- Oncorhynchus kisutch : Saumon Coho
- Oncorhynchus tshawytscha : Saumon Chinook

- Cas particulier de la rivière Columbia :

Les stocks d'Oncorhynchus de la rivière Columbia ont baissé régulièrement jusqu'en 1960-62 où ils ont atteint le niveau le plus bas. La mise au point des techniques de piscicultures a permis alors un redressement spectaculaire de la situation (figures 2 et 3). Il est à noter que les captures de Coho à la ligne sont passées dans cette rivière de 80 000 en 1961 à 300 000 en 1967. Pendant le même temps, le tonnage de la production commerciale a triplé, et malgré l'augmentation du prélèvement, le retour aux piscicultures n'a cessé de s'accroître, passant de 50 000 à 160 000 géniteurs.

- Pêche côtière de saumons du Pacifique (Oncorhynchus)

. Pêche commerciale de saumons Coho et Chinook :

La pêche se fait au targon, à la senne ou au filet maillant de la Californie à l'Alaska, mais la zone de production est essentiellement constituée par le système hydrographique du fleuve Columbia. Il est intéressant de noter que la pêche commerciale de Coho et de Chinook ne constitue que 10 % de l'ensemble de la récolte américano-canadienne. Les études de marquage réalisées par les gouvernements des U.S.A. et du Canada ont permis d'établir que 60 à 90 % des captures sont des produits de pisciculture.

1967 : 2 562 000 Chinooks (25 000 tonnes) et 6 100 000 Cohos (36 000 t)

1968 : 1 998 000 Chinooks (20 000 tonnes) et 7 700 000 Cohos (44 200 t)

1970 : Evaluations pour le Puget Sound seul :

- 800 000 Cohos soit environ 5 000 tonnes (record depuis 1929)
- 126 000 Chinooks (meilleure récolte depuis 1934).

. Pêche de Sockeye et de Pink :

Ces chiffres ne recensent que les captures effectuées dans les eaux de la Convention Internationale situées le long de l'île de Vancouver, en face de l'estuaire de la rivière Fraser et ne tiennent pas compte des prises importantes réalisées plus au nord le long des côtes de l'Alaska. Grâce à cette pêche, 52 % de la récolte totale est constituée de Pinks.

1967 : 8 000 000 de Pinks soit environ 12 000 tonnes

1968 : 3 200 000 Sockeyes soit environ 9 000 tonnes, la meilleure récolte depuis 1949 et la 3ème depuis 1917.

. Evaluation des prises totales annuelles pour toutes les espèces aux Etats-Unis.

- prises sportives : 1 800 000 saumons.

- pêche commerciale : 142 000 tonnes évaluées à \$ 58 000 000 soit 319 000 000 F ( Source: US Bureau of Sport Fisheries and Wildlife-1970, sur une moyenne de 5 ans).

. Evaluation des prises totales annuelles des pêcheurs Canadiens.

La valeur moyenne annuelle de tous les saumons commercialisés au Canada pour la période 1956 à 1965 a été de \$ 54 millions avec des extrêmes de \$ 76 millions et de \$ 36 millions en 1960. Le Canada est le 4ème producteur mondial derrière le Japon, U. R. S. S. et Etats-Unis.

2 - Grands lacs

A l'automne 1963, le retour des saumons Cohos dans les piscicultures fut si important que l'excédent d'oeufs fut transporté dans les stations du lac Michigan. Au printemps 1965, 660 000 smolts furent relâchés dans le lac. Dès novembre 1966, 10 000 petits saumons pesant de 1 à 7 livres retournèrent dans les écloseries. L'année suivante, 22 000 Cohos adultes furent pris commercialement alors que les pêcheurs sportifs s'en partageaient 26 000 pesant jusqu'à 10 kilos, le retour de 8 000 adultes suffisant très largement à assurer la reproduction de l'espèce. En comptant les retours des années suivantes, les 660 000 Cohos relâchés en 1965 ont produit 163 000 adultes matures soit 25 % de survie.

3 - Côte Atlantique

Bien que l'existence du saumon atlantique devienne très précaire sur la côte Est des Etats-Unis, de nombreuses rivières possèdent encore des populations importantes au Canada : à Terre-Neuve, au Labrador et en Gaspésie.

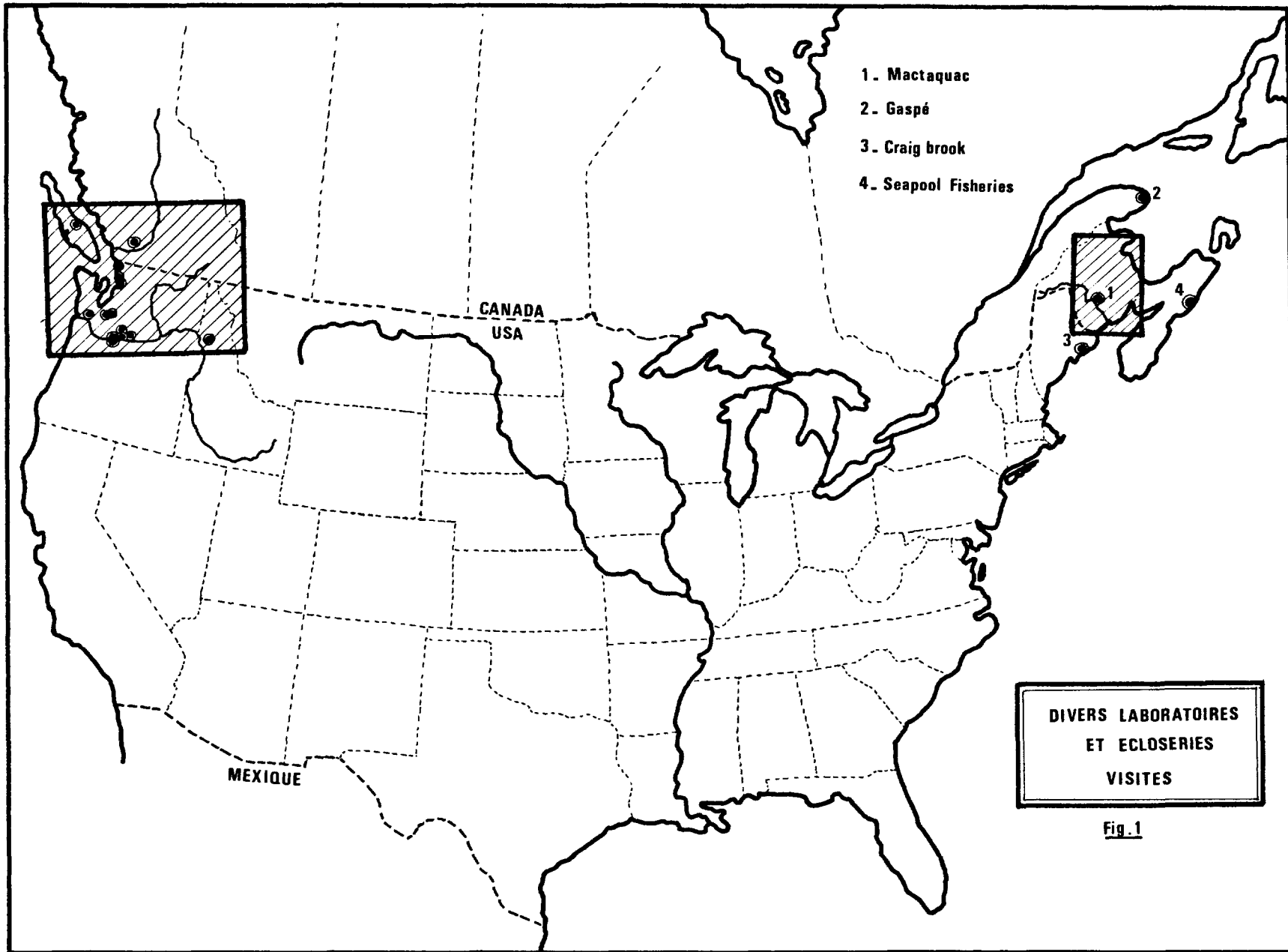
Très tôt, de nombreuses piscicultures ont été construites comme celles de Gaspé, de Newcastle et de Craig Brook pour assurer le repeuplement.

Plus récemment, l'implantation d'une série de barrages hydroélectriques sur la rivière Saint John a nécessité la construction de la pisciculture de Mactaquac qui doit produire 500 000 smolts annuellement selon les techniques modernes mises au point en Suède.

La plupart des stations ont été modernisées telles Gaspé et Craig Brook, pour intensifier la production.

Depuis quatre ans, un programme de repeuplement de la rivière Connecticut, aux Etats-Unis, a été entrepris. Chaque année, des smolts sont déversés dans la rivière et les premières recaptures ont été effectuées au printemps 1970.

Depuis quelques années, une pêche maritime relativement importante se développe dans le détroit de Davis. En dix ans, les captures sont passées de 60 tonnes à 2 000 tonnes par la seule intensification de la pêche. Bien que le caractère alarmant de ces captures soit indéniable, il est intéressant de noter qu'il n'y a pas de commune mesure entre l'importance de la pêche au saumon de l'Atlantique et celle du Pacifique dont le tonnage des prises, limitées à la seule zone côtière, est déjà 70 fois supérieur à celui du Groenland. Le facteur limitant apparaît donc plus souvent lié à la détérioration des voies d'accès aux zones de reproduction qu'à la prédation elle-même.



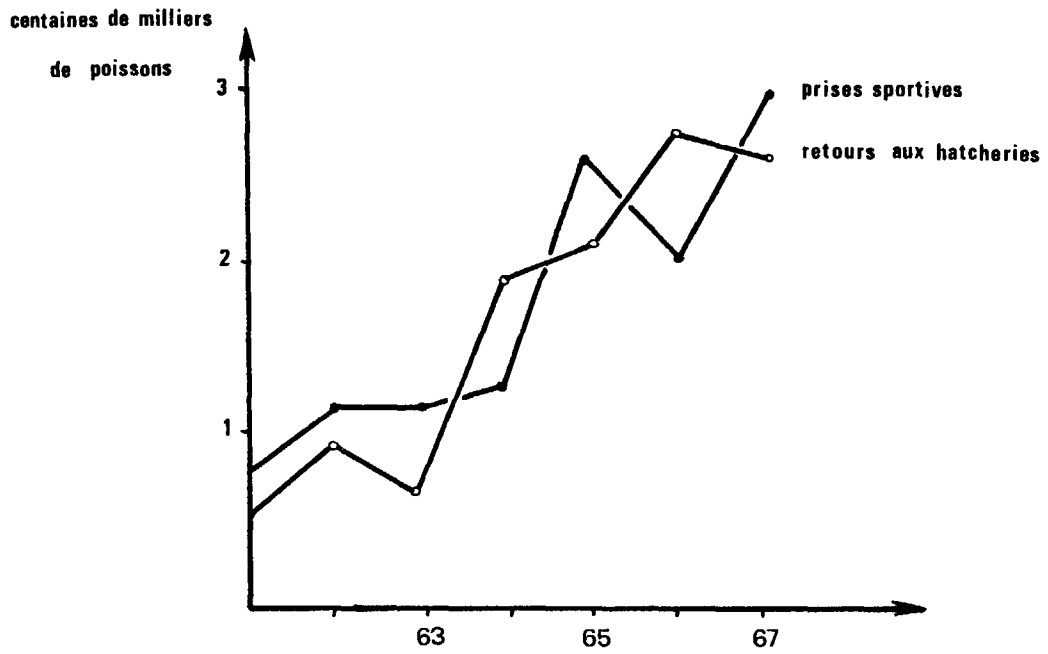


Fig. 2

PRISES DE COHO  
(COLUMBIA RIVER)

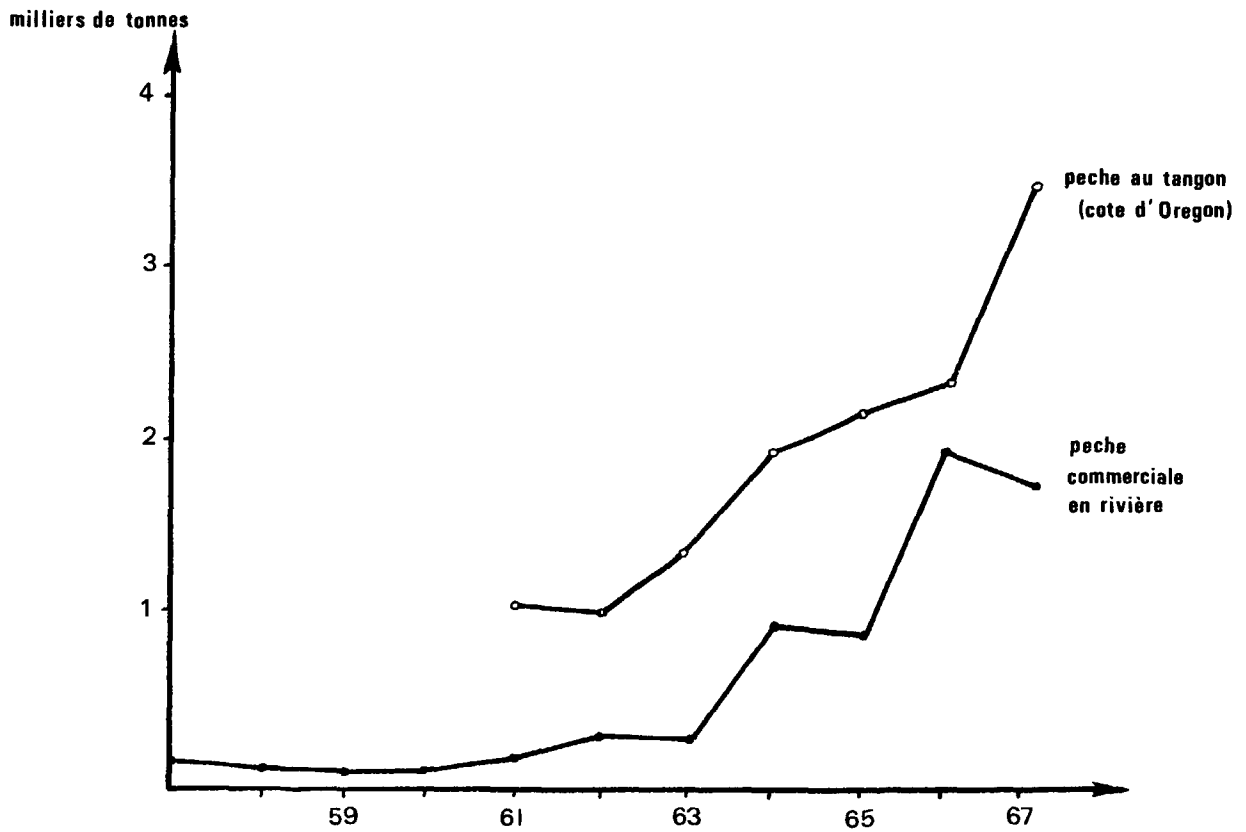


Fig. 3

PREMIERE PARTIE

TECHNIQUES DE SALMONICULTURE

L'effort effectué pour protéger et développer le saumon en Amérique du Nord emprunte deux voies de production différentes, en fonction des besoins écologiques des espèces, et des possibilités financières.

La production peut s'orienter soit vers l'élevage intensif des "Smolts" dans une écloserie ("Hatchery") soit vers la création de frayères artificielles recréant des conditions naturelles idéales : les chenaux de frai et d'incubation ("Spawning ou Incubation Channels").

## CHAPITRE I

### LES DIVERS SALMONIDES MIGRATEURS AMPHIBIOTIQUES D'AMERIQUE DU NORD

Sept espèces principales de salmonidés migrateurs amphibiotiques fréquentent les cours d'eau nord américains. Parmi elles, une seule se trouve sur la côte atlantique.

#### 1 - GENRE SALMO

Les représentants de ce genre possèdent la particularité de pouvoir survivre à la reproduction.

##### 1.1. Le saumon atlantique (Salmo salar) (LINNE)

Le Salmo salar s'étend de la limite sud de l'état du Maine au nord du Labrador. Le retour des adultes dans les rivières d'origine s'étale sur toute l'année ; les gros saumons (6 à 14 kg) remontent au printemps et en automne alors que ceux ayant passé 15 mois en mer apparaissent surtout pendant l'été.

La ponte a lieu fin octobre-début novembre dans ces régions où l'hiver est très précoce; les alevins sortent des graviers fin mars.

Les jeunes alevins appelés "parrs" lors de leur vie en eau douce restent deux à trois ans dans la rivière puis subissent une sorte de métamorphose printannière, la smoltification, au cours de laquelle ils acquièrent une livrée argentée caractéristique. Ils dévalent alors la rivière et sont connus sous le nom de "smolts".

Ils effectuent un périple marin qui les conduit vers leurs zones d'engraissement principalement sur la côte ouest du Groenland dans le détroit de Davis, au cours duquel leur croissance est très rapide. Au bout d'un certain temps, ils retournent vers leur rivière de départ et la retrouvent selon un processus d'orientation encore mal connu, les "grilses" après 15 mois de mer et les grands saumons au bout de 2 ou 3 années.

Certains géniteurs survivent après la ponte. A Mactaquac la lecture des écailles a permis de déterminer que 5 % des adultes capturés avaient déjà frayé une fois.

##### 1.2. La truite Steelhead (Salmo gairdneri) (RICHARDSON)

La truite Steelhead, variété migratrice amphibiotique de la truite arc-en-ciel, se trouve de la baie de San Francisco à la Baie de Bristol en Alaska. Sa biologie est proche de celle du saumon atlantique.

La migration de reproduction se fait en deux vagues principales, en hiver et au début du printemps, ce qui donne à ce poisson un intérêt particulier : c'est le seul salmonidé migrateur pêchable dans les cours d'eau de la côte pacifique au cours de la saison hivernale. La ponte a lieu au début du printemps et les alevins émergent des graviers à la fin de la même saison. Après un séjour de 1 à 3 ans dans la rivière natale, les truites se smoltifient et dévalent vers la mer. Elles y passent de 1 à 3 ans, se nourrissant abondamment de crustacés et de poissons, et effectuent parfois des voyages de plus de 3 000 kilomètres.

Au retour dans la rivière d'origine, les adultes pèsent de 1,5 à 4,5 kg. Les pêcheurs sportifs apprécient ce poisson combatif.

600 000 steelhead sont capturées annuellement à la ligne dont 150 000 dans la rivière Columbia et ses affluents.

## 2 - LES SAUMONS DU PACIFIQUE

Ces poissons appartiennent au genre Oncorhynchus et, fait particulier, meurent tous après le frai. En mer ils possèdent une couleur argentée caractéristique, mais ils subissent d'importantes modifications morphologiques lors de leur migration de reproduction. Leurs mâchoires s'allongent et se recourbent en crochet très accentué et ils acquièrent des couleurs variées. Cinq espèces fréquentent les cours d'eau de la côte pacifique de l'Amérique du nord.

### 2.1. Le saumon Pink (Oncorhynchus gorbusha)

Il est encore appelé "Humpie" ou "Humpback". C'est l'espèce la plus abondante bien que rarement observable au sud du Puget Sound. Les captures de Pink au filet représentent 52 % du nombre total de saumons pacifiques pêchés.

Le saumon Pink ne vit que deux ans et son cycle est très simple comparé à celui des autres espèces. Les adultes remontent dans les rivières pendant l'été et pondent en septembre. Ils préfèrent les ruisseaux courts, proches de la mer et non alimentés par des lacs.

Au printemps suivant, les alevins descendent immédiatement vers la mer dès qu'ils sortent des graviers de la frayère. La croissance du Pink s'effectue donc totalement en eau salée ; elle est rapide puisqu'en deux ans il atteint le poids moyen de 2 kilos ; (des individus de 4,5 Kg ont été capturés).

Cette espèce a une grande importance économique. La totalité de la production est mise en conserves et souvent exportée.

### 2.2. Le Sockeye (Oncorhynchus nerka)

Le Sockeye, encore appelé "Blueback" sur la Columbia et "Red salmon" en Alaska, est le deuxième par le nombre des saumons de la côte pacifique ; il représente en effet 25 % des captures totales annuelles.

Dès que la température de l'eau devient favorable, ces petits saumons pesant généralement 3 kg remontent dans leur rivière d'origine de juin à novembre pour y effectuer leur migration de reproduction. Certains groupes parcourent plus de 1 100 kilomètres à la vitesse de 45 kilomètres par jour. Au cours de la remontée, ils perdent la couleur argentée qu'ils avaient en mer pour prendre une livrée rouge vif, la tête devenant vert olive.

Le Sockeye remonte principalement dans des rivières interrompues par des lacs et sa migration s'effectue en deux phases. Durant la première période, le poisson remonte de la mer dans un lac et, contrairement aux autres espèces, les gonades évoluent peu durant cette migration, épargnant ainsi les réserves tissulaires. Il séjourne dans le lac le temps nécessaire à la maturation, puis migre dans les ruisseaux tributaires pour y retrouver ses gravières et frayer de fin Août à fin Octobre selon les populations. La femelle produit environ 4 000 oeufs.

Dès l'éclosion, les alevins gagnent le lac où ils restent de 1 à 3 ans avant de dévaler vers la mer. Leur durée de vie en mer est généralement de trois ans. Chaque zone de frayères



produit des populations différentes et ce fait doit être pris en considération dans les cas de repeuplement et d'acclimatations.

Certains Sockeyes peuvent passer la totalité de leur vie en eau douce, on les appelle alors "lake-locked" ou "kokanee" ; leur croissance y est plus lente qu'en mer.

La chair des Sockeyes, très riche en lipides et en caroténoïdes, est particulièrement rouge et très appréciée. Avec les Pinks, ils alimentent une importante pêche côtière le long des côtes de la Colombie britannique. Ils sont accidentellement capturés à la ligne.

### 2.3. Le saumon Chum. (*Oncorhynchus keta*)

Cette espèce, troisième par le nombre, est encore appelée "dog salmon". Sa reproduction, immédiatement précédée par le retour dans la rivière natale, est tardive : elle a lieu de décembre à février. Les frayères ne sont jamais à plus de 100 miles des côtes.

Après l'éclosion au printemps, les alevins dévalent vers la mer dès la fin de la résorption de la vésicule. Le Chum atteint la maturité sexuelle à l'âge de trois ou quatre ans, son poids est alors de 4,5 kg maximum.

La chair du Chum est généralement moins appréciée que celle des autres espèces et il ne mord pas à la ligne. La quasi-totalité de la production est mise en conserve.

### 2.4. Le saumon Coho. (*Oncorhynchus kisutch*)

Ce saumon, appelé "blueback" pendant son séjour en mer et "silver" quand il atteint la maturité sexuelle, a une aire de répartition très étendue, de l'Alaska au Nord de la Californie. Les adultes remontent dans les rivières en septembre, octobre et novembre selon les régions. La ponte a généralement lieu fin novembre. Cette espèce préfère les cours inférieurs des rivières. Les poissons nés à la fin de l'hiver descendent à la mer après un séjour d'environ 16 mois en eau douce, la taille moyenne des smolts est alors de 13 cm.

Après un séjour marin de deux ans, les adultes pèsent 6 à 7 kg et retournent dans leurs rivières d'origine où ils se parent d'une robe rouge vif.

Les cohos capturés lors de leur premier été en mer sont appelés "grilse" ; s'ils reviennent dans la rivière à l'issue de cette saison chaude, ce sont des "jacks" et pèsent alors de 1 à 1,5 kg.

Le coho est commercialisé frais, congelé, fumé ou en conserves. C'est un poisson combatif qui alimente la plupart des captures sportives du bassin de la Columbia.

### 2.5. Le saumon Chinook. (*Oncorhynchus tshawytscha*)

Ce poisson dont la limite d'extension est très méridionale est le plus gros de tous les saumons, c'est aussi le moins abondant. Il est appelé "Quinat" en Alaska, "king salmon" au Canada.

A maturité, il atteint le poids moyen de 11 kg, mais des individus de 55 kg ont été capturés. On observe deux populations en fonction de leur période de remontée et d'avalaison ; ces deux groupes sont identiques en apparence.

2.5.1. Le "Spring chinook" ou chinook de printemps.

Comme son nom l'indique, sa migration de reproduction s'effectue au printemps ; la ponte a lieu aux environs du 15 août, sur la rivière Columbia. Les oeufs éclosent en hiver, et les jeunes ne descendent à la mer qu'à l'âge de 17 mois environ.

2.5.2. Le "Fall chinook" ou chinook d'automne.

Il effectue sa migration de remontée au début de l'automne, il pond aux alentours du 1<sup>er</sup> octobre. Dès le printemps suivant les alevins dévalent alors qu'ils mesurent 6 à 8 cm, après seulement 4 mois passés en eau douce.

La durée normale du séjour marin est de 2 à 5 ans. Le chinook est après le sockeye le saumon le plus recherché de la côte pacifique, il mord bien à la ligne. On le vend frais, congelé ou fumé.

## CHAPITRE II

### LES ECLOSERIES, TECHNIQUES ET FONCTIONNEMENT

#### 1 - CONDITIONS D'IMPLANTATION D'UNE ECLOSERIE

##### 1.1. Besoins écologiques de l'espèce considérée

Une écloserie doit être située au niveau des frayères naturelles ou reconstituer les conditions optimales de développement des poissons. Chaque espèce de saumon a des besoins propres pour effectuer sa reproduction ; il existe des espèces de ruisseaux côtiers, d'autres qui nécessitent des rivières importantes, d'autres enfin ont besoin de systèmes plus complexes comprenant rivières et lacs.

##### 1.2. Conditions hydrologiques

La concentration en oxygène dissous de l'eau doit être proche de la saturation. La limite létale pour la plupart des poissons est de 3 ppm mais les salmonidés commencent à présenter des troubles à partir de 7,8 ppm.

Le pH des eaux doit avoisiner la neutralité, les limites favorables étant de 6,7 à 8,2; les eaux alcalines sont plus productives que les eaux acides.

La concentration moyenne de gaz carbonique dissous peut être approximativement de 2 ppm, une valeur supérieure à cette valeur peut être dangereuse, c'est d'autre part l'indice d'un niveau insuffisant en oxygène dissous, dû le plus souvent à une pollution organique.

L'alcalinité des eaux douces normales résulte de la présence de bicarbonate de calcium et de magnésium, parfois associés à du bicarbonate de potassium et de sodium. Des eaux très alcalines peuvent aussi bien contenir des carbonates que des bicarbonates. La forme hydroxydée, NaOH (soude) et KOH (potasse) ne se trouve jamais dans les conditions naturelles mais résulte parfois d'une pollution.

Une valeur de l'alcalinité de 200 ppm, associée souvent à une grande quantité de calcium et de magnésium, est considérée comme bénéfique pour le poisson, par contre une déficience de ces sels peut limiter le développement de certaines espèces.

La température est aussi un facteur très important pour l'élevage des salmonidés. La température optimale change selon les espèces, et sa variation annuelle doit correspondre au cycle biologique du poisson. Deux phases cruciales de la vie du saumon exigent des conditions de température particulières déterminées pour une espèce donnée : la ponte et le début de la nutrition.

Certaines espèces ont besoin d'une température basse pour frayer, et une température élevée pour le début de l'alimentation, d'autres se reproduisent à la fin de l'été alors que les eaux sont encore chaudes, et les alevins ont besoin d'une eau relativement froide à la fin de la résorption de la vésicule.

Le maximum de température doit être pris en considération dans la mesure où l'on doit garder des géniteurs pendant l'été. Des températures de l'ordre de 20°C risquent de causer une mortalité importante.

### 1.3. Environnement

La décision d'implantation d'une pisciculture doit tenir compte de la nature du système hydrologique dans lequel elle doit s'inclure. Les facteurs les plus importants sont : la situation des affluents de la rivière, le débit et ses variations, la pente, et les obstacles naturels (cascades) ou artificiels (barrages hydro-électriques).

Enfin, le choix d'un site pour la construction d'écloserie doit tenir compte des possibilités de captures des géniteurs.

## 2 - ALIMENTATION EN EAU

### 2.1. Différentes provenances possibles.

#### 2.1.1. Rivière.

C'est la solution la plus fréquente, la plus commode, en tout cas la moins onéreuse. La situation la plus simple consiste à prélever l'eau par une dérivation qui alimente les bassins d'élevage. L'eau retourne à la rivière par une échelle à poissons permettant à la fois la capture des géniteurs et le lâcher des jeunes.

Ce mode d'approvisionnement est possible quand la courbe de température de la rivière est satisfaisante (qu'elle n'est pas troublée par des obstacles naturels ou artificiels importants) et qu'il n'y a aucune source de pollution en amont.

#### 2.1.2. Eau de source.

Si la rivière n'offre plus les qualités voulues, l'eau de source peut être un appoint intéressant qui permet parfois d'obtenir de l'eau à une température quasi constante pendant toute l'année.

Elle offre en général les conditions idéales pour l'incubation des oeufs, et de nombreuses piscicultures utilisent à la fois la rivière et les sources.

#### 2.1.3. Puits artésiens.

Quand la station ne dispose pas de sources à proximité, on peut avoir recours aux puits artésiens. On obtient une eau d'excellente qualité à température constante, si la nappe est suffisamment profonde.

Le puits artésien semble être indispensable dans le cas d'une rivière à débit très variable.

### 2.2. Installations secondaires

Chaque mode d'alimentation a ses avantages et ses inconvénients, ces derniers nécessitent parfois l'utilisation de systèmes de protection.

#### 2.2.1. Dispositif de filtration macroscopique : machines à feuilles.

Ce dispositif est destiné à arrêter les gros débris charriés par la rivière (bois,

feuilles) qui peuvent boucher les conduites d'eau et encrasser les bassins. Il est placé à l'entrée de la dérivation qui conduit l'eau de la rivière dans la pisciculture.

C'est généralement une simple grille qui doit être surveillée chaque jour et débarrassée manuellement des déchets.

Des systèmes de nettoyage semi-automatiques des grilles sont parfois utilisés. Dans certains cas, une roue à aubes actionnée par l'eau courante entraîne, par deux chaînes de transmission, un train de palettes qui raclent la grille en éliminant les détritiques qui s'y sont accumulés. Les feuilles se déposent à la partie supérieure de l'installation et il est nécessaire de les enlever à la main chaque jour (photo 1).

### 2. 2. 2. Dispositif d'alarme

L'alimentation en eau d'une station piscicole doit faire l'objet d'une surveillance constante car les conduites d'eau peuvent se trouver obturées. Quel que soit le moment où l'incident survient, il est indispensable de réagir immédiatement ; différents systèmes d'alarme ont été mis au point dans ce but.

#### - Dispositif à flotteur :

Le contrôle du niveau est assuré par un flotteur sphérique qui déclenche une alarme sonore si le niveau de l'eau baisse en dessous d'une certaine valeur (WILLARD, ANACORTES).

#### - Dispositif à palette :

L'eau des conduits tombe sur une palette et la maintient en position basse. Si l'eau ne coule plus, la palette se relève et déclenche l'alarme. Ce dispositif est très répandu (Craig Brook (Maine) - système d'alarme secondaire des piscicultures de la Columbia - ).

D'autres dispositifs incorporés à une pompe entrent en action si celle-ci s'arrête accidentellement.

### 2. 2. 3. Contrôle de la qualité de l'eau

Dans toutes les piscicultures récemment construites aux U.S.A. et au Canada, les données (physico-chimiques) de base (température, oxygène dissout et pH) sont enregistrées automatiquement en permanence. Ces données permettent de contrôler les conditions d'élevage et de remédier à une anomalie. Un tableau regroupe le contrôle des pompes et les différentes alarmes.

### 2. 2. 4. Bassins de décantation

Dans les régions recevant les pluies importantes et brutales, la crue subite des rivières apporte une eau chargée en particules et éléments terrigènes. L'effet sur les poissons est souvent catastrophique, la turbidité de l'eau pouvant provoquer un colmatage des branchies des parrs et une mortalité très importante chez les oeufs en incubation.

Pour cette raison, les piscicultures qui possèdent cet inconvénient du à leur situation, doivent être équipées d'un bassin de décantation efficace sous peine de perte accidentelle de la majorité de la population d'élevage.

Un bassin de ce type fonctionne à Big Qualicum (Colombie Britannique) où des saumons Chum (Oncorhynchus keta) se reproduisent dans un chenal de frai. L'eau est projetée violemment contre un mur et les particules ont tendance à tomber sur le fond. Elle coule ensuite lente-

ment dans un système de chicanes où se dépose le reste des matières en suspension. (photo 35)

### 2.2.5. Dégazeur - Aérateur

A la pression atmosphérique, et pour une température donnée, l'eau contient une certaine quantité de gaz dissous (Oxygène, azote, gaz carbonique). Une eau présentant ces caractéristiques est dite saturée ; elle est favorable au développement du poisson. Si pour une raison quelconque, elle est soumise à une pression d'air supérieure à la pression atmosphérique, la quantité de gaz dissous augmente et l'eau devient sursaturée. Parmi les excès de gaz dissous, l'azote est le plus dangereux pour les poissons.

Dans de l'eau en sursaturation, les tissus vont absorber les gaz dissous en quantité excédentaire. Si la pression extérieure diminue, l'excès d'azote retourne à l'état gazeux et la maladie du "Gaz bubble" correspondant à l'embolie gazeuse des plongeurs se développe, entraînant la mort des alevins.

Des cas de sursaturation peuvent survenir dans les conditions suivantes :

- de l'air entre par la prise d'une pompe et passe en solution,
- poche d'air sous pression surmontant une nappe d'eau souterraine,
- présence d'un "pool" à la base d'une chute d'eau ou d'un barrage. Des bulles d'air sont entraînées au fond et dissoutes à la pression environnante.

Différents types de dégazeurs-aérateurs ont été mis au point.

A Mactaquac (New Brunswick) comme à Longview (Wash.), l'eau est amenée par un conduit au niveau d'une tour où elle est projetée sous pression avec de l'air comprimé dans un réservoir. L'agitation du liquide permet d'éliminer les gaz excédentaires tout en restituant une saturation en oxygène suffisante pour l'élevage (photo 2).

Un autre dispositif est utilisé dans deux piscicultures fédérales du nord-est des Etats-Unis, Craig Brook (Maine) et Berlin (New Hampshire). Cet appareil a la forme d'un prisme rectangulaire. De l'air comprimé est insufflé par le fond à travers une grille perforée ; il crée dans le courant d'eau une agitation capable de libérer les gaz en sursaturation (figure 4).

### 2.3. Contrôle de l'environnement, recyclage, circuit fermé

En dépit des progrès réalisés dans la production des smolts, certains problèmes d'une importance capitale restaient sans solution :

- les eaux souterraines, présentant de meilleures caractéristiques que celles des rivières, n'offrent généralement pas un débit suffisant pour alimenter une pisciculture traditionnelle.
- l'arrêt de croissance hivernal cause une importante perte de temps et de rendement dans les élevages.
- les risques d'épidémies et de pollution restent un danger pour les stations qui utilisent les eaux de rivière.
- l'élevage de nombreux smolts présente une menace de pollution, par les déchets libérés en aval de l'écloserie.

### 2.3.1. Principe (figure 5)

Afin de pallier tous ces inconvénients, un prototype d'installation a été mis au point au Salmon Cultural Laboratory de Longview : c'est le système en circuit fermé ou "re-use system" qui permet de réduire de 95 % la consommation d'eau.

L'eau traverse les bassins d'élevage et passe sur une batterie de filtres au niveau desquels elle peut être chauffée ou refroidie selon les besoins. Elle est ensuite conduite vers une tour d'aération avant de retourner à ces bassins. Un tel ensemble présente, entre autres, l'avantage d'accroître dans des proportions notables la taille des poissons et d'obtenir en un an la smoltification des truites Steelhead et des saumons atlantiques dont les parrs passent deux ans en eau douce dans les conditions naturelles.

#### 2.3.1.1. Épuration des résidus ammoniacaux :

Cette épuration s'obtient en faisant percoler l'eau usée à travers un filtre biologique où se sont développées des colonies de bactéries nitrifiantes. Pendant le processus de nitrification, le  $\text{NH}_3$  est converti en nitrites par les Nitrosococcus et les Nitrosomonas puis en nitrates par Nitrobacter. Ces bactéries nitrifiantes sont présentes partout dans la nature et se développent rapidement dans un milieu riche en  $\text{NH}_3$ . Le filtre, constitué de cailloux concassés et de débris de coquilles d'huitres, s'est montré très efficace.

#### 2.3.1.2. Élimination du gaz carbonique, réoxygénation :

Plusieurs techniques permettent d'effectuer cette opération : violente aération, agitation mécanique, etc... Cependant, la méthode présentant le moins d'inconvénients consiste à projeter l'eau sous pression dans un bac d'aération. L'eau est libérée avec force à 20 cm au-dessus de la surface du bac. Les bulles sont ainsi entraînées à 1,50 m de profondeur. L'eau ainsi traitée retrouve une saturation en oxygène dissous de 90 à 100 % selon l'état des eaux usées.

#### 2.3.1.3. Approvisionnement en eau :

La quantité d'eau nécessaire est minime, ce qui constitue un des principaux avantages du système. Il suffit, en théorie du moins, de remplacer l'eau perdue par évaporation ou au cours du nettoyage des filtres. Pratiquement il a été démontré, sur le prototype, que l'introduction de 2 % d'eau neuve dans le circuit suffisait à assurer un bon fonctionnement. Cependant, à l'usage, on s'est aperçu que les fuites rendaient nécessaire l'utilisation de 5 % d'eau supplémentaire, soit 380 litres par minute, pour l'installation de Longview qui débite 7 600 litres/minute dans 6 bassins de type Burrows.

#### 2.3.1.4. Contrôle de la température :

Les systèmes en circuit fermé offrent plusieurs possibilités pour le contrôle de la température, en fonction de la source d'approvisionnement en eau, du climat, et de la masse d'eau introduite dans le système à chaque instant.

Si la pisciculture dispose d'eau de source ou de puits artésien à température

presque constante, le "re-use system" a une température constante de 10°. Un apport continu de 10 % d'eau maintient l'ensemble dans des limites très acceptables pour la croissance du poisson. Il a été calculé à Longview qu'une variation de 2° autour de cette moyenne ne change la température du système que de 0,5° C.

L'ajustement de la température se fait à l'aide d'un appareil de climatisation modifié. Une petite partie de l'eau circulante est déviée dans ce groupe. Son refroidissement ou son chauffage, selon les cas, suffit à assurer la température constante du système.

Le maintien de la température, aux alentours des conditions optimales de développement, devient plus onéreux quand l'eau est puisée dans une rivière dont la température peut varier de 2 à 18°C.

Le choix de la température du système dépend bien entendu de l'espèce à élever. Il est intéressant de choisir la température qui assure la meilleure croissance car il a été prouvé, avec diverses espèces amphibiotes que, pour une même classe d'âge, les meilleurs taux de survie sont obtenus de façon significative avec les plus gros poissons (BURROWS, 1963).

Cependant, les eaux tièdes peuvent parfois provoquer un développement important de certains vecteurs de maladies capables de causer l'inhibition de la croissance.

C'est ainsi que la température d'élevage d'une espèce considérée doit être fixée non seulement en fonction de la meilleure croissance, mais aussi en tenant compte de la résistance aux maladies.

#### 2.3.1.5. Stérilisation de l'eau :

Si l'eau neuve vient d'une source ou d'un puits artésien, elle est généralement stérile et ne cause que peu de problèmes ; par contre, l'eau des ruisseaux, rivières et lacs peut être infectée. La faible quantité d'eau neuve introduite dans le système permet alors une stérilisation relativement facile.

La percolation à travers un lit de sable élimine les particules d'une taille supérieure à 15 microns (poussière, protozoaires, trématodes, entre autres). Les autres impuretés : bactéries, virus sont détruits par passage sous pression dans un filtre à ultra-violet.

#### 2.3.1.6. Contrôle du rejet des déchets :

Les déchets s'accumulent dans le filtre qu'il est nécessaire de nettoyer périodiquement, pour conserver un rendement maximal. Au cours de ce nettoyage, une grosse quantité de déchets est libérée aussi est-il préférable de canaliser ces eaux de nettoyage vers un bassin de décantation de façon à restituer une eau propre à la rivière.

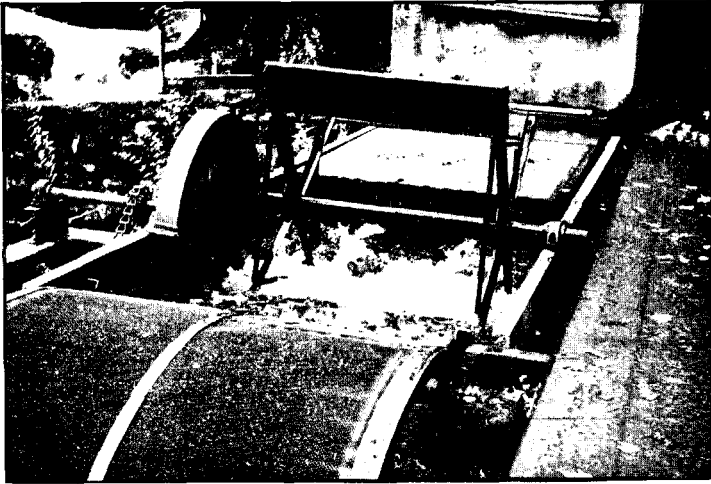
### 2.3.2. Caractéristiques, normes de fonctionnement.

#### 2.3.2.1. Les filtres (figure 6).

Dans le prototype original, ainsi que pour les premières applications, le filtre était constitué d'une couche de 1,20 m de cailloux concassés surmontée de 30 cm de coquilles d'huîtres.

La taille des filtres dépend du nombre de bassins d'élevage utilisés. Pour les installations comptant plus de dix bassins, des filtres de 6 x 22 m sont souhaitables, pour des piscicultures plus petites, ceux de 4 x 15 m offrent plus de facilités d'utilisation.

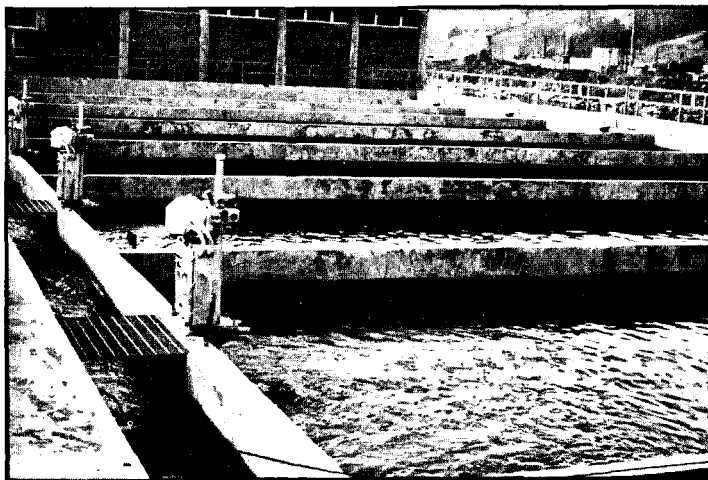




**Photo 1 - Machine à feuilles**  
(Little White Salmon)



**Photo 2 - Tour d'aération**  
(Mactaquac)



**Photo 3 - Filtres du "re-use system"**  
(Dworshak)

Lors de la mise en service, on débute avec une petite quantité de poissons puis on l'augmente progressivement pour permettre aux colonies de bactéries nitrifiantes de se développer.

Quand le filtre fonctionne avec une charge maximale en poissons, ses caractéristiques permettent d'épurer 42 litres par mètre carré et par minute

Lors de la période d'essais, un filtre fut utilisé sans les coquilles d'huîtres. Rapidement, le pH du système tomba à 5,7, limite létale pour les saumons. Ce filtre éliminait correctement les résidus ammoniacés mais favorisait la fabrication d'acide nitrique. Les coquilles d'huîtres concassées produisent en particulier du carbonate de calcium qui, formant du nitrate de calcium par combinaison avec les acides produits, permet de maintenir le pH dans des limites compatibles avec un bon développement des saumons.

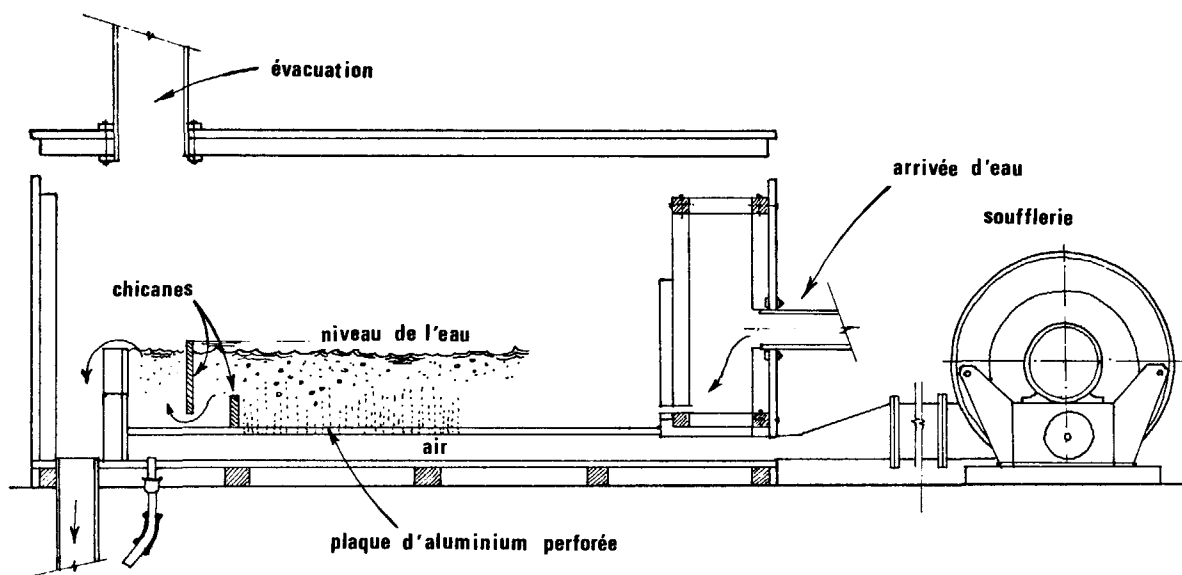
#### 2.3.2.2. Nettoyage

Au bout d'un certain nombre de jours de fonctionnement, le filtre s'encrasse et perd de son efficacité. Le nettoyage est réalisé en injectant de l'eau à contre courant dans le filtre et en insufflant de l'air sous pression pour assurer un brassage mécanique de la couche superficielle, sans endommager les populations de bactéries nitrifiantes.

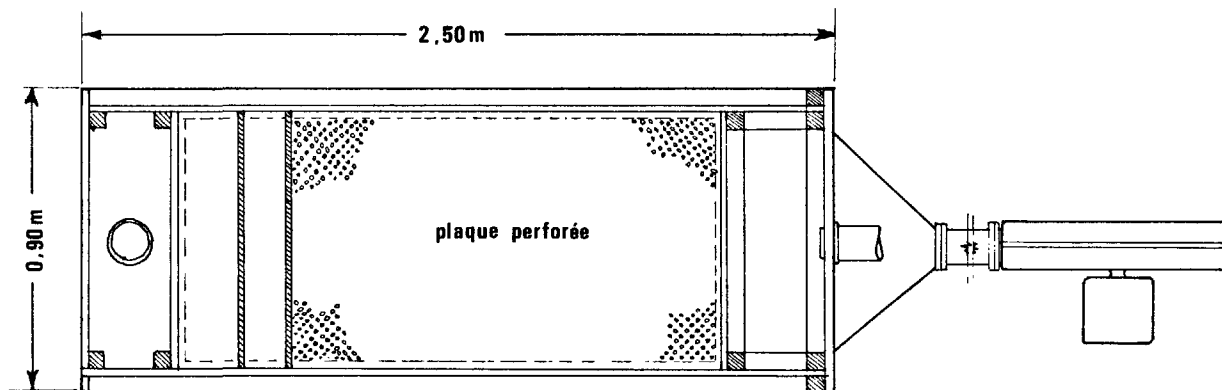
Lors d'un nettoyage d'un des éléments du filtre, l'eau provenant des bassins d'élevage est canalisée sur un des autres éléments ce qui explique l'utilisation de batteries de filtres.

**DEGAZEUR - AERATEUR**

**COUPE**

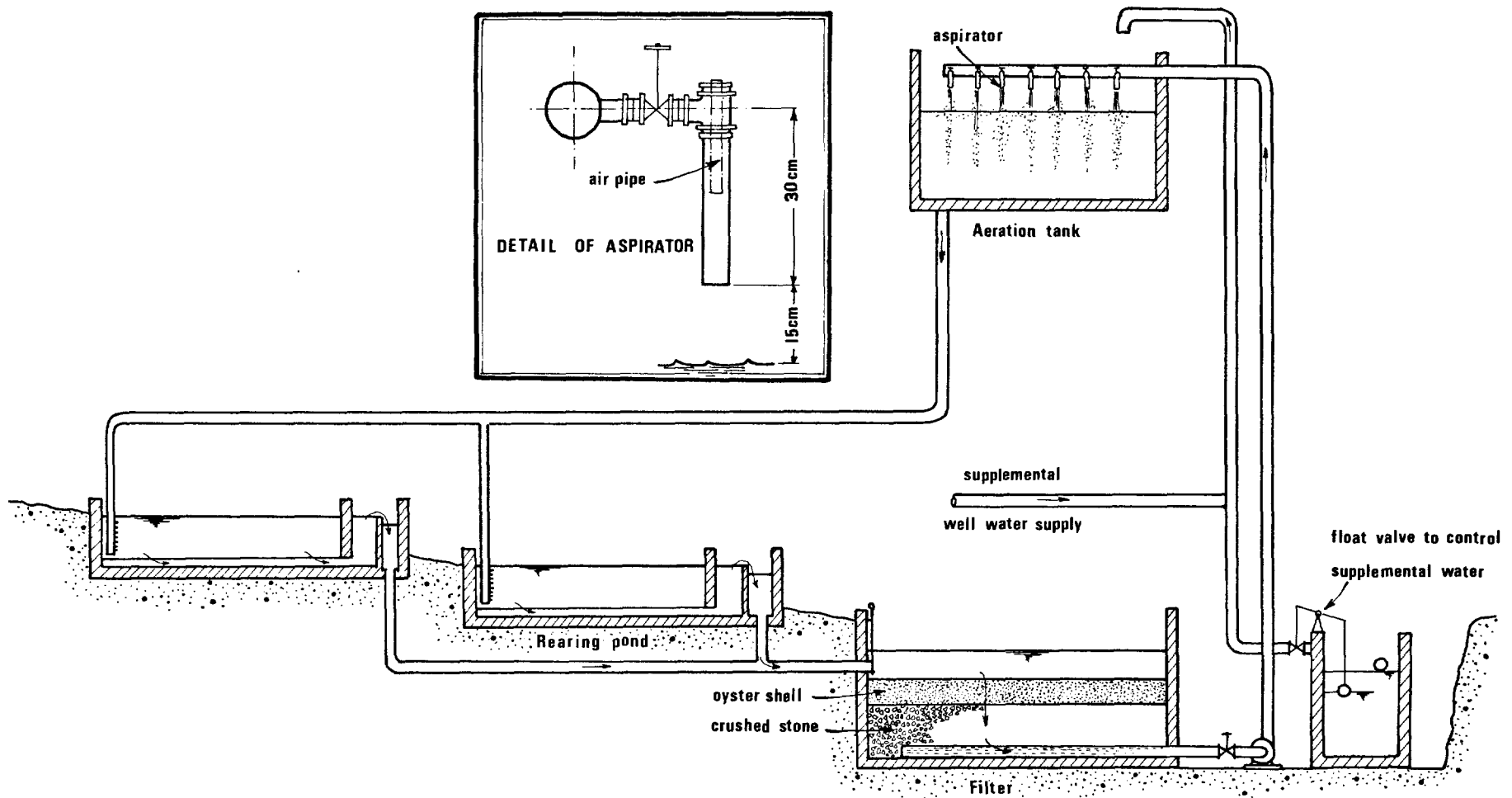


**PLAN**



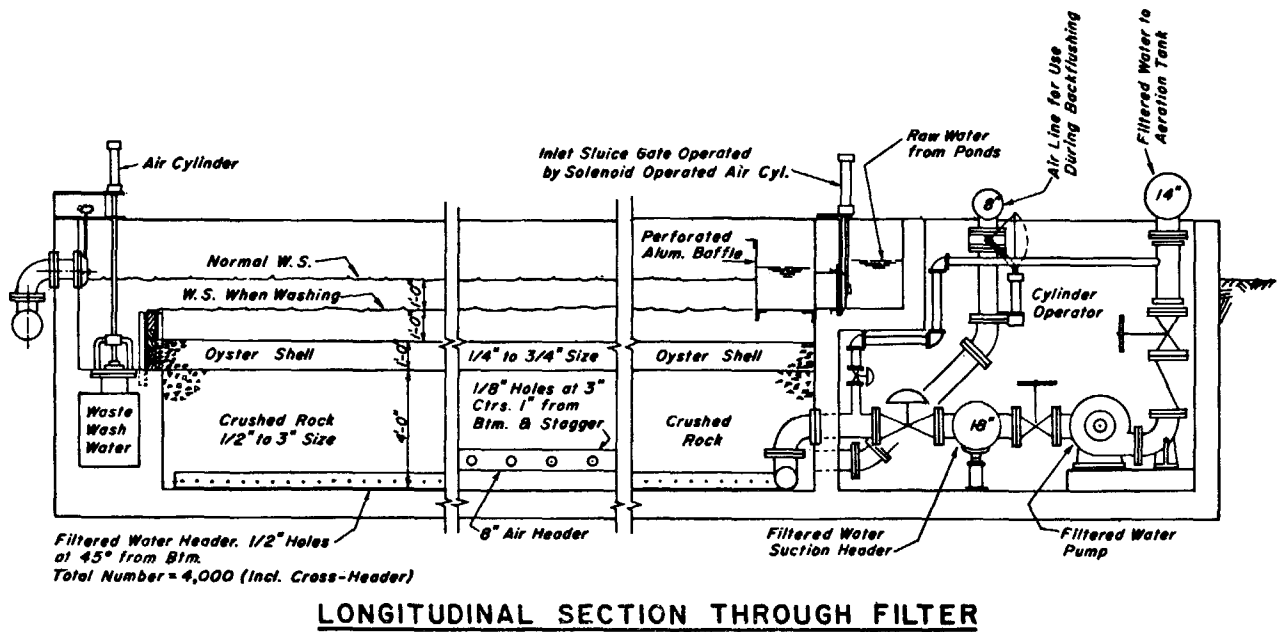
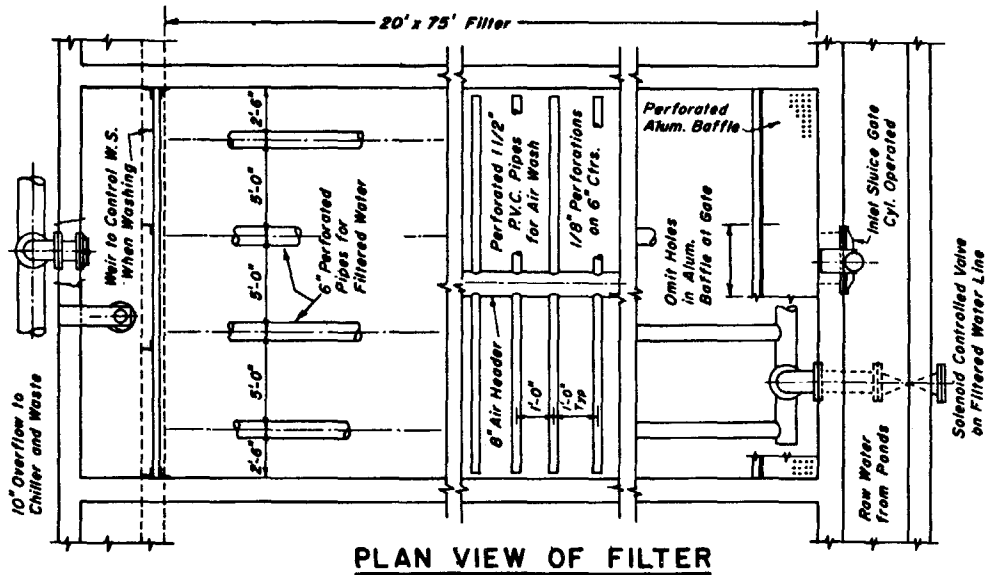
**Fig. 4** - Plans de l'appareil utilisé à Craig Brook et Berlin (New Hampshire)  
capacité : 1140 l/min.

d'après : FISH AND WILDLIFE SERVICE  
BRANCH OF ENGINEERING



PRINCIPE DU "RE-USE SYSTEM" (D'APRES BURROWS ET COMBS, 1968)

Fig. 5



"RE-USE SYSTEM" ( D'APRES BURROWS et COMBS, 1968 ) : LE FILTRE

Fig. 6

Le nettoyage par air et par eau nécessite un appareillage relativement complexe.

### 2.3.2.3. Résultats :

Nous avons vu fonctionner de tels filtres dans plusieurs établissements américains et canadiens, notamment au :

- Salmon Cultural Laboratory, Longview (Washington)
- Little White Salmon Hatchery (Washington)
- Dworshak National Fish Hatchery (Idaho) (photo 3)
- Pisciculture commerciale en eau salée des Seapool Fisheries, Lacey Charlotte (Nova Scotia).

Toutes les piscicultures nouvelles créées dans le bassin de la Columbia seront équipées de telles installations, et les anciennes écloséries en seront pourvues au fur et à mesure que les crédits seront disponibles. Tous les dispositifs que nous avons vu fonctionner donnent entière satisfaction, permettent d'obtenir des salmonidés d'excellente qualité et de produire des smolts de truite Steelhead en un an au lieu de deux à la pisciculture de Dworshak.

## 3 - CAPTURE DES GENITEURS

La propagation artificielle du saumon, contrairement à celle de la truite (dont il est possible de garder des adultes en captivité pour obtenir des oeufs) dépend entièrement de la capture des géniteurs sauvages. Du fait de cette dépendance, la capture et la détention des adultes jusqu'à leur maturité est un des principaux problèmes à résoudre en salmoniculture. Ce problème devient particulièrement aigu pour certaines espèces de saumon chez lesquelles l'intervalle entre le début de la migration et le frai peut atteindre 6 mois (Spring Chinook, Saumon atlantique de printemps, truite steelhead).

La conservation des géniteurs jusqu'à leur maturité crée un autre genre de problème. Il est possible de garder des adultes dans une portion de ruisseau close, et d'attendre leur maturation. Cependant, ce procédé s'est avéré extrêmement dangereux : des variations brutales du niveau d'eau peuvent emporter les barrières ou permettre aux poissons de les contourner, ce qui dans certains cas a entraîné la perte de tous les géniteurs d'une saison. L'effet est catastrophique sur le plan de la production d'une rivière.

Pour cette raison, on utilise des bassins de stockage ou "holding ponds" généralement situés dans l'écloserie même. Les conditions hydrologiques doivent bien sûr être compatibles avec les exigences biologiques du poisson.

Ce procédé s'est avéré satisfaisant mais un problème demeure cependant : amener les saumons à remonter dans ces bassins. Cette difficulté a été surmontée de façon différente selon les piscicultures, leur situation topographique et aussi selon l'espèce considérée.

### 3.1. Remontée directe des saumons dans le bassin de stockage

Cette solution semble la plus pratique car elle évite de manipuler les saumons et nécessite très peu de main d'oeuvre. Elle est applicable quand la pisciculture communique avec le ruisseau par une échelle.

Pour que les saumons retrouvent l'entrée de leur pisciculture d'origine, l'eau doit présenter des caractéristiques propres permettant la reconnaissance de cet endroit. Bien que de nombreuses hypothèses aient été émises au sujet de la mémoire olfactive du saumon, on ignore encore de façon précise quels peuvent être les facteurs qui servent de stimulus lors de la remontée vers les frayères.

### 3.1.1. "Entrée libre" des saumons

Dans le cas d'une source, la capacité d'attraction de l'eau sur une population de saumons qui y a commencé sa migration d'avalaison semble vérifiée, même si la rivière qu'ils remontent a plus d'un kilomètre de large. A la station de Spring Creek qui est alimentée par une source en bordure de la Columbia, les géniteurs retrouvent l'étroit chenal de sortie des eaux emprunté lors de leur départ vers la mer. Ils s'y engouffrent pour s'accumuler dans un bassin où ils attendent la fin de leur maturation.

Il n'est malheureusement pas toujours possible de s'alimenter sur une source. Dans la plupart des cas, l'eau est puisée dans la rivière ou même dans un lac, comme au "Collège of Fisheries" de Seattle : les saumons arrivent de la mer jusqu'au lac Washington en bordure duquel la station expérimentale a été construite. L'eau du lac qui alimente les bassins semble avoir un pouvoir attractif remarquable sur les poissons de retour : là encore, les Oncorhynchus se précipitent dans l'échelle qui les amène au réservoir de reprise.

Les observations faites à Seattle ne concordent pas avec les résultats obtenus dans d'autres conditions. A Mactaquac, les saumons atlantiques ne retrouvent pas l'échelle d'écoulement de la station et tous les géniteurs sont repris à l'amont dans une trappe du barrage hydroélectrique.

### 3.1.2. Barrage mécanique

Dans beaucoup de cas, la pisciculture est alimentée par une dérivation de la rivière et pour forcer les saumons à pénétrer dans le bassin de stockage, il est nécessaire d'utiliser certains dispositifs quand la nature du terrain le permet.

Dans le cas des rivières relativement étroites, un barrage de béton de 2 à 3 mètres de hauteur interdit la remontée des géniteurs et les oblige à emprunter l'échelle qui mène au bassin de maturation. La construction de ce barrage doit être faite selon des données bien précises de façon à diriger le plus rapidement possible les saumons vers l'écloserie. On évite ainsi un trop long séjour en aval de l'obstacle où le poisson se blesse et s'épuise à essayer de sauter.

Les études des biologistes et ingénieurs du "Fish and Wildlife Service", du "Fish and Game" et du "Bureau of Commercial Fisheries" ont permis de déterminer que ces barrages doivent faire un angle de 60° avec la rive pour avoir un maximum d'efficacité dans la dérivation des saumons.

Ce système comporte cependant des désavantages : il entraîne d'une part la disparition de certaines espèces de la rivière, qui ne peuvent pas remonter vers leurs frayères. D'autre part, ce barrage est coûteux à installer et à conserver en bon état de marche. Enfin, de telles barrières affectent énormément le niveau de l'eau et peuvent être détruites lors des crues importantes.

La traditionnelle barrière de piquets est une variante qui nécessite beaucoup de travail d'entretien et n'est pas très efficace dans la dérivation du poisson.

Pour ces différentes raisons, ces barrages en "dur" sont généralement abandonnés dans la construction des écloséries nouvelles.

### 3.1.3. Barrière électrifiée (figure 7)

C'est maintenant une solution couramment utilisée ; elle consiste à diriger les saumons vers l'entrée de l'échelle en utilisant un champ électrique.

#### - Barrière électrifiée de Longview (Washington)

Elle est constituée par une série d'électrodes suspendues à un câble placé à une hauteur suffisante. Les électrodes sont montées en dérivation, leur extrémité inférieure est en contact avec l'eau de la rivière. Légèrement en aval de la rangée d'électrodes une ligne de masse est immergée en travers du cours d'eau. L'ensemble est traversé par un courant alternatif de 110 et 60 hz ; ce dispositif crée un champ électrique qui interdit le passage des poissons. Les caractéristiques du champ diffèrent considérablement de celles utilisées pour tuer ou capturer les lamproies dans les grands lacs (HOLMES, 1948). Le saumon, beaucoup plus gros et plus sensible au courant, exige un voltage moins élevé, ainsi qu'une profondeur plus importante.

Pour un maximum d'efficacité, il est conseillé de construire des berges en ciment ce qui permet d'avoir un flot continu et d'éviter les phénomènes de turbulence près des berges. D'autre part, les saumons étant frappés de galvanonarcose en pénétrant dans le champ, ils meurent d'asphyxie lorsque le courant d'eau ne peut les entraîner au-delà de la zone dangereuse ou si le relief du fond les y retient. Pour éviter cet inconvénient, il est recommandé d'aplanir le fond dans la zone du champ, soit par remplissage des interstices, soit par la construction d'une chappe en ciment ou d'une plate-forme en bois (Longview).

Les électrodes sont des tubes galvanisés de 4 cm de diamètre suspendus à un câble rigide de 1 cm traversant le ruisseau, alimentés en courant par un câble flexible de même calibre suspendu entre deux potences. Les électrodes sont séparées par des intervalles de 0,90 m.

La ligne de terre est constituée par un tuyau galvanisé de 4 cm de section relié par une extrémité au circuit électrique. Elle est ancrée solidement sur le fond à environ 4,50 m en aval de la ligne d'électrodes.

Le câble supportant les électrodes doit être placé à une hauteur suffisante pour permettre le passage des débris charriés par le ruisseau (branchages en particulier), même lors des crues. Les électrodes doivent être assez longues pour émerger des eaux les plus hautes et rester dans l'eau lors des périodes d'étiage.

Le premier prototype de cette barrière, construit à Entiat (Washington) avait une longueur de 55 mètres ; il avait coûté en 1957 \$ 800 U.S. Sa construction a demandé 200 heures de travail et son entretien annuel, comprenant la mise en place et le démontage, n'a coûté que 16 heures de travail.

Les besoins en courant varient selon le niveau de l'eau dans la rivière. Pendant les eaux les plus basses, (10 mètres d'électrodes immergées) la consommation est de 300 watts et pour un niveau normal (17 mètres submergés) elle est de 450 watts.

Le type de barrière actuellement en place à Longview et Eagle Creek peut s'adapter à des rivières de largeur inférieure à 60 mètres dont la profondeur n'excède pas 2,40 m. Elle pourrait éventuellement être adaptée à des rivières plus importantes mais cela nécessiterait selon les utilisateurs américains des travaux coûteux.

D'une façon générale, ces barrières donnent de bons résultats, demandent peu d'entretien et se sont montrées efficaces dans la dérivation des saumons.

### 3.2. Capture par trappes

Quand un programme de repeuplement d'une rivière est commencé depuis plusieurs années, les saumons ont généralement tendance à remonter directement dans les bassins de la pisciculture en utilisant leur mémoire olfactive. Pour débiter ce programme, il faut cependant capturer des géniteurs lors de leur migration de reproduction et il est même souvent très utile de pouvoir capturer tous les poissons de la rivière afin d'entreprendre une sélection.

C'est ainsi que des trappes perfectionnées, situées à la base de barrages hydro-électriques, ont été mises au point, soit pour transporter les géniteurs en amont de l'obstacle, soit pour capturer ceux nécessaires à la reproduction.

Ces trappes fonctionnent généralement en tenant compte du comportement des poissons. Le saumon adulte remontant vers sa frayère est toujours attiré par le courant. Un chenal d'attraction alimenté par l'eau du barrage se vidant dans la rivière par plusieurs ouvertures, permet de créer un courant suffisant pour attirer les poissons. Ils sont ainsi canalisés vers un réservoir où toutes les espèces sont encore mélangées.

A partir de là, les poissons peuvent, toujours en remontant le courant, pénétrer dans deux trappes dont l'une possède un plancher plus élevé que seuls les saumons, excellents sauteurs, peuvent atteindre. Par ce tri naturel, les saumons se retrouvent dans une trappe, les autres espèces (aloses, anguilles, lamproies) dans l'autre.

Les nacelles qui constituent le plancher de ces trappes sont relevées périodiquement.

Un système semblable, existe au barrage de Mactaquac (New Brunswick) ; sa construction a demandé \$ 1 000 000 en 1968. Le fonctionnement de cette installation (figure 8) ne nécessite que deux employés chargés de surveiller le comportement des poissons et de faire remonter la nacelle. La commande en est entièrement électrique.

Lorsque les piscicultures ne sont pas construites sur le cours de la rivière à saumon (cas de la station de Craig Brook qui est bâtie en bordure d'un lac) il est nécessaire de capturer les géniteurs dans les cours d'eau où les smolts ont été relâchés. Cette capture se fait à l'aide de nasses de grande taille dont l'ouverture est tournée vers l'aval. La chambre de retenue doit être assez grande pour permettre à plusieurs saumons d'y séjourner en attendant d'être récupérés.

### 3.3 Achat des géniteurs

Cet autre moyen de se procurer des géniteurs, aujourd'hui en voie de disparition,



est encore utilisé à la pisciculture fédérale de Gaspé (Québec), une des plus importantes de la côte atlantique. Cette éclosérie achète en effet chaque année ses géniteurs aux pêcheurs à la ligne ou à des pêcheurs côtiers. 150 saumons adultes achetés \$ 25 l'unité suffisent à assurer la production de la pisciculture.

### 3.4. Etangs et bassins de stockage ("Holding pond")

#### 3.4.1. Etangs

Au Québec, à la pisciculture de Gaspé, les géniteurs sont gardés de mars à octobre dans un étang avec une mortalité relativement faible.

#### 3.4.2. Station piscicole de New Castle (New Brunswick) (photo 6)

Certaines stations ne peuvent conserver leurs géniteurs pendant la période estivale lorsque la température devient trop élevée. A Mactaquac, celle-ci atteint des niveaux extrêmes (de 20 à 24°C) qui causent une mortalité très importante, en grande partie due au développement de saprolegniales (mousse ou "fungus") qui est inévitable dans ces conditions.

Pour cette raison, les géniteurs sont transportés par camion citerne à la pisciculture de New Castle à l'embouchure de la rivière Miramichi. Ils sont déversés dans un bassin de stockage alimenté par l'eau légèrement saumâtre de l'estuaire ; cette salinité, suffisante pour empêcher le développement des champignons parasites, permet de conserver les adultes en bonne condition jusqu'à la fin de leur maturation.

Ce bassin en partie cimenté de forme rectangulaire (18 m x 60 m x 0,80 m) peut contenir 4 000 saumons adultes issus des rivières Miramichi et Saint John. La température de l'eau de l'estuaire varie de 2°C à 15,5°C, selon la saison.

Au moment de leur capture, les saumons sont marqués en différents lots, selon leur période de migration et certaines caractéristiques. Quelques jours avant la fécondation artificielle, les géniteurs sont repris à la senne et répartis dans des viviers rectangulaires (2,50 m x 1 m x 0,40 m).

#### 3.4.3. Station de Craig Brook

Le bassin est alimenté par une source dont l'eau, fraîche, a une température à peu près constante. Les adultes capturés dans des nasses y sont amenés par camion.

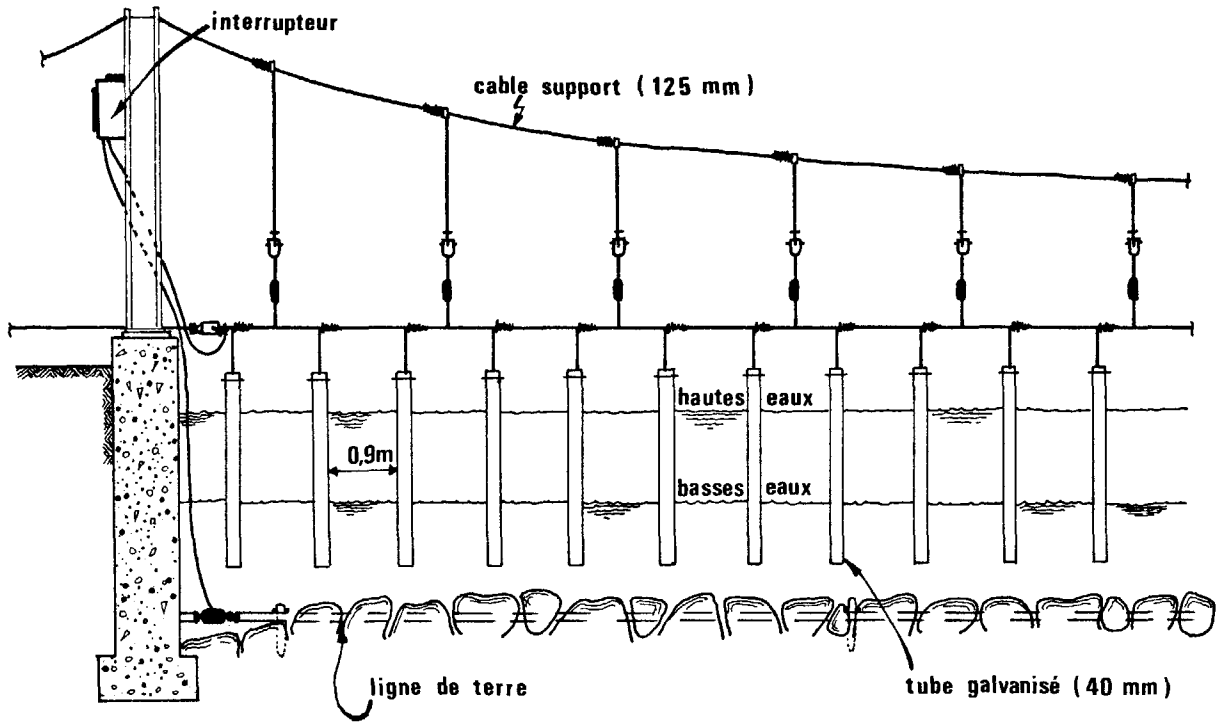
#### 3.4.4. Longview

Un bassin cimenté (30 m x 15 m x 2 m) directement relié à l'échelle peut contenir 2 500 géniteurs de Chinook d'automne dont le poids moyen est 12 kg. La hauteur d'eau est maintenue à 1 m. Les saumons passent du dernier palier de l'échelle dans le bassin de maturation par l'intermédiaire d'un entonnoir qui empêche le passage dans l'autre sens. L'approvisionnement se fait par un diffuseur situé au fond du bassin, ce qui empêche les saumons de sauter contre une arrivée d'eau en surface.

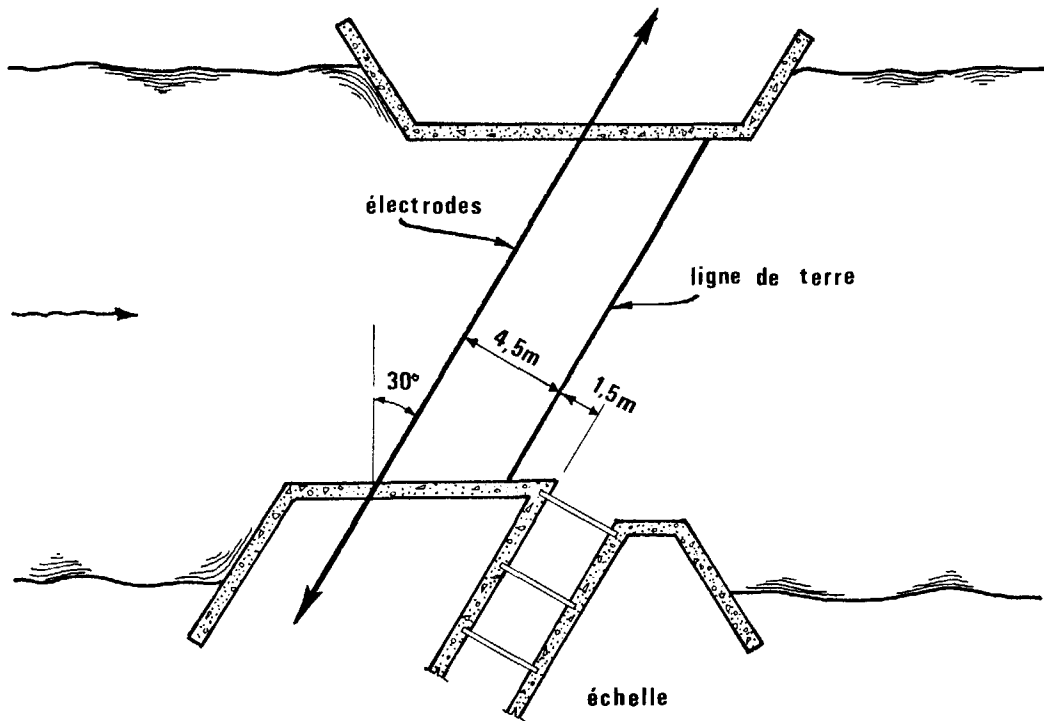
#### 3.4.5. Little White Salmon

A Little White Station, les saumons arrivent dans un canal de 50 m x 2,50 m x 1 m,

**SECTION**

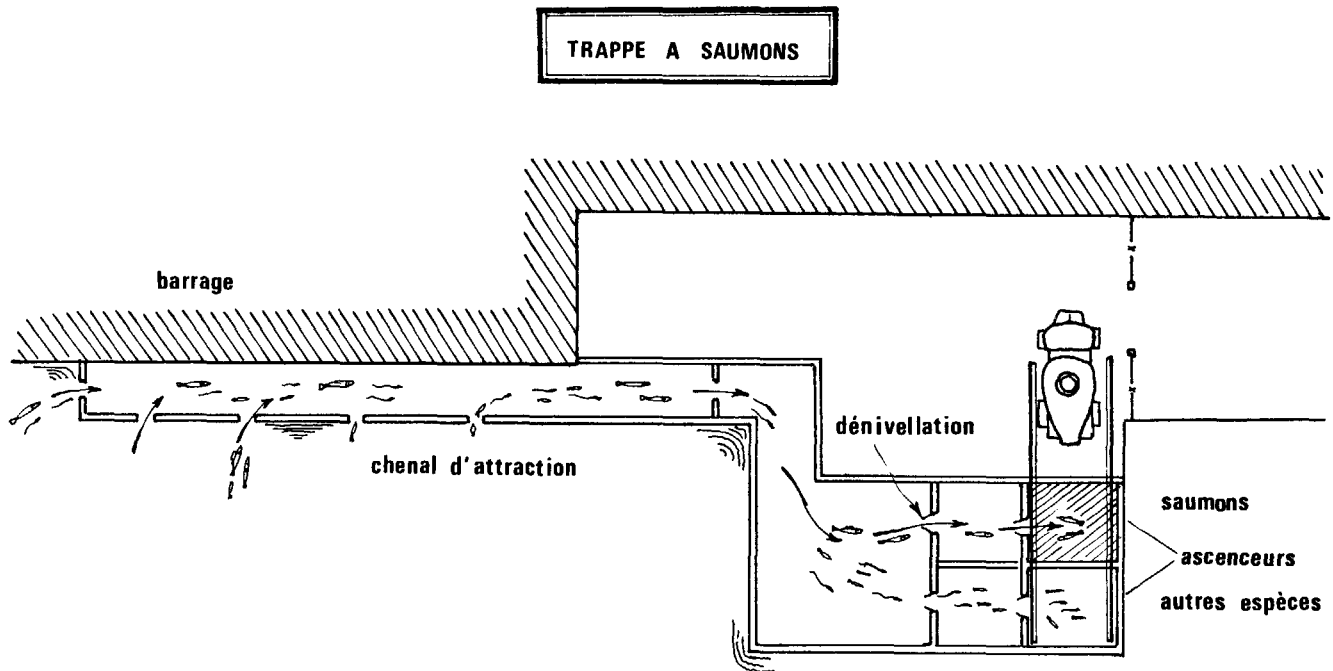


**PLAN**



**BARRAGE ELECTRIFIE**

**Fig. 7**



**Fig. 8** - Plan du système de capture (Mactaquac)



**Photo 4** - Fond de la trappe à saumons (Mactaquac)

- Bassins de stockage pour générateurs -

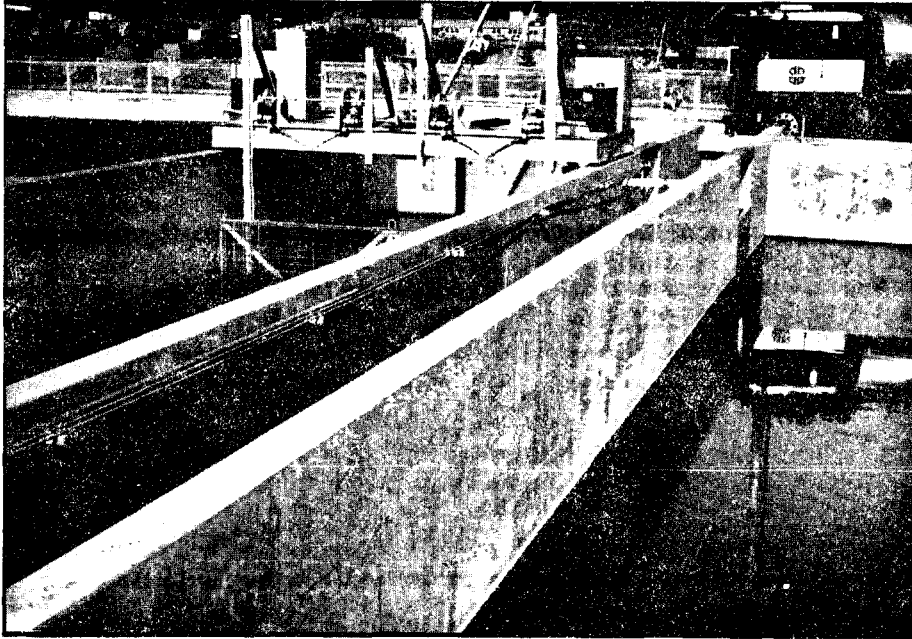


Photo 5 - Dworshak



Photo 6 - Newcastle

Ce bassin est équipé de grilles mobiles pouvant concentrer les poissons à une extrémité, ce qui facilite le contrôle des géniteurs.

#### 3.4.6. Dworshak (photo 5)

Les bassins de la pisciculture de Dworshak sont destinés à recevoir 6 000 steelhead adultes d'un poids moyen de 4,5 kg. Ce sont des bassins cimentés (22 m x 6 m x 2,50 m) recevant une hauteur d'eau de 1,50 m. Sept sont construits actuellement, le nombre sera porté à 13 au cours d'une deuxième tranche de travaux ; l'écloserie pourra alors accueillir 12 000 adultes.

La ponte ayant lieu à la fin du printemps, les géniteurs restent tout l'hiver dans ces bassins ; on considère qu'il faut 1 mètre cube d'eau pour maintenir en vie 4 adultes.

Chaque bassin reçoit 7 mètres cubes par minute, ce qui assure un taux de renouvellement de l'eau de 2,25 par heure.

Un dispositif de concentration ("crowder") automatique circulant sur rails permet de regrouper les poissons à une extrémité des bassins pour le tri et la fécondation artificielle.

### 4 - FECONDATION ARTIFICIELLE

#### 4.1. Méthode de pression des flancs (photo 8)

C'est la plus ancienne et la plus connue. Elle est encore utilisée sur la côte est de l'Amérique du nord sur le saumon atlantique dont les géniteurs peuvent frayer plusieurs fois. La vie du poisson est ainsi épargnée mais cette technique occasionne souvent la mort d'un certain nombre d'oeufs lésés durant la manipulation. L'opération peut être effectuée par un seul homme qui maintient la queue de l'animal par la main droite, la tête sous l'aisselle gauche, la main gauche servant à presser les flancs.

Les oeufs sont recueillis dans une bassine ; deux mâles sont généralement utilisés pour fertiliser 6 femelles.

#### 4.2. Méthode à l'air comprimé

Afin d'éviter les chocs occasionnés aux oeufs par la pression des flancs, une autre méthode de récolte a été imaginée. Ils sont cette fois évacués par la pression de l'air comprimé injecté dans la partie antérieure de la cavité abdominale à l'aide d'une courte aiguille creuse. Lorsque les oeufs ont été recueillis on dégonfle la cavité abdominale en mettant l'aiguille en communication avec une pompe à vide. Cette opération permet au poisson de retrouver sa stabilité.

La méthode est rapide et peu traumatisante pour la femelle comme pour les oeufs. Elle est surtout utilisée sur la truite steelhead sur la côte pacifique (MILLER, 1965).

#### 4.3. Eventration (photo 7)

Dans le cas où les poissons meurent naturellement après la reproduction (cas des Oncorhynchus), il est préférable de prélever les oeufs par éventration. Les géniteurs sont anesthésiés ou tués selon plusieurs procédés. Ils peuvent être :

- tués à la matraque,
- tués par immersion dans une eau saturée en gaz carbonique,
- anesthésiés dans un bain contenant une forte concentration de MS 222, Tricafne Sandoz.

Pour éviter que le sang ne se mélange aux oeufs lors de l'éventration, ce qui pourrait provoquer une mortalité importante, les femelles sont préalablement saignées par coupure de l'aorte (manuellement ou à l'aide d'un dispositif automatique enfonçant un poinçon dans la tête de l'animal). Elles sont ensuite mises sous un jet d'eau qui entraîne le sang.

L'éventration nécessite généralement deux personnes : l'une saisit, de la main gauche, les oeufs de la femelle, tandis que de la main droite, elle enfonce un instrument tranchant muni d'un crochet, dans la papille urogénitale. Une autre maintient la queue de l'animal de façon à ce que les oeufs tombent dans un haquet. D'un geste sec, la lame est remontée vers le haut ouvrant la paroi abdominale. Elle décrit un léger arc de cercle, contournant les nageoires ventrales pour s'arrêter derrière les oeufs. Les oeufs adhérant encore légèrement sont détachés à la main.

Cette méthode a l'avantage de causer une mortalité encore inférieure aux autres techniques ; elle est aussi beaucoup plus rapide que la méthode par pression des flancs. Pour cette raison, on a de plus en plus tendance à la pratiquer même chez les espèces où certains géniteurs survivent à la reproduction. C'est le cas notamment à Dworshak (Idaho) où, compte tenu de l'état des géniteurs de Steelhead après le frai, les chances de survie sont très faibles.

## 5 - INCUBATION DES OEUFS

La qualité des eaux d'incubation doit répondre à des caractéristiques précises. L'eau doit être pure, bien oxygénée et dépourvue de suspensions organiques et d'apports terrigènes. La température doit être maintenue à peu près constante et convenir à l'espèce dont l'élevage est envisagé.

Il est préférable que l'incubation s'effectue à basse température ; une élévation de celle-ci diminue la durée de développement des oeufs, mais peut provoquer une augmentation de la mortalité. Le nombre de degrés-jours nécessaire à l'éclosion des oeufs de saumon atlantique est de 440 ; à 10°C le temps d'incubation est donc de 44 jours environ.

Après la fécondation artificielle, les oeufs peuvent être manipulés avec précaution pendant quelques heures mais il est fortement déconseillé de les toucher au-delà de 24 heures après la ponte. On pourra à nouveau le faire après l'apparition du point oculaire.

Pendant cette période d'extrême fragilité, les oeufs morts doivent être laissés en place, un traitement périodique au vert malachite suffit généralement à empêcher les moisissures de s'y développer.

En pisciculture, les oeufs sont conservés pendant cette période dans des incubateurs où l'on s'efforce de reproduire des conditions de développement optimales. A l'heure actuelle, il est conseillé d'adopter un système qui assure une très bonne oxygénation des oeufs et qui limite au maximum les manipulations.

- FECONDATION ARTIFICIELLE -



Photo 7 - Eventration ( Oncorhynchus )



Photo 8 - Pression des flancs ( Salmo salar )

On peut classer les incubateurs utilisés en Amérique en deux grandes catégories : les incubateurs proprement dits et les incubateurs mixtes.

### 5.1. Les incubateurs proprement dits

Ils servent exclusivement pendant la période d'incubation et les jeunes alevins doivent être transportés peu avant la fin de la résorption de la vésicule dans les bacs où leur sera distribuée la nourriture "premier âge".

#### 5.1.1. Incubateurs verticaux

Ils sont constitués de piles de plateaux traversés de haut en bas par un courant d'eau. Ils présentent l'avantage d'incuber efficacement un grand nombre d'oeufs avec un faible apport d'eau et sur une petite surface.

##### 5.1.1.1. Type Burrows (photos 9-10)

Ce système, mis au point au laboratoire de Longview, permet d'incuber séparément les oeufs de 675 femelles de Chinook dans trois éléments de 6 mètres de long.

Chaque élément est constitué de 15 piles de 15 plateaux en aluminium (35 cm x 45 cm x 8 cm). Chaque plateau coulisse comme un tiroir et peut recevoir un élément en bois contenant la production d'une femelle soit 5 000 oeufs.

L'alimentation se fait par le haut, le courant d'eau traverse les oeufs d'un plateau et s'écoule par un trop plein dans le plateau inférieur. Cette structure permet une bonne oxygénation et constitue une solution peu coûteuse pour réaliser un programme de sélection des géniteurs où tous les lots doivent être incubés séparément.

##### 5.1.1.2. Incubateurs Heath (Heath tecna plastic inc. KENT (WASH) (photos 11-12)

Version améliorée du type précédent, ils sont composés de deux parties : un plateau principal reçoit l'eau à sa partie postérieure ; elle traverse par son centre et circule par des gouttières latérales qui la ramènent au niveau de son point de départ. Elle tombe alors par deux orifices symétriques dans le plateau inférieur.

Les oeufs sont placés dans un plateau secondaire qui s'encastre dans la partie centrale de l'élément principal où il est traversé par le courant d'eau.

Chaque plateau (0,55 m x 0,65 m) peut recevoir de 8 à 10 000 oeufs de saumon Chinook. Une pile de 16 incubateurs reçoit 10 litres d'eau à 9° C par minute à sa partie supérieure. (Cas des Oncorhynchus, Chinook et Coho).

Ce type d'incubateur est très utilisé sur la côte pacifique, où il donne toute satisfaction. Son inconvénient principal : un prix élevé (monte à \$ 300 pour une pile de huit incubateurs soit 1 650 francs).

Cette formule fait actuellement l'objet de tests en vue d'une application dans deux des piscicultures de la côte Est : Mactaquac et Craig Brook.

##### 5.1.2. Jarres d'incubation (photo 13)

Ce type d'incubateur utilisé sur la côte atlantique (Mactaquac, Gaspé) est constitué



d'un cylindre de plexiglass. Les oeufs, posés sur une grille de forme circulaire, sont maintenus dans un courant d'eau qui arrive par le fond, à travers un lit de graviers calibrés. L'évacuation se fait par un trop plein.

Ce principe, déjà utilisé pour incuber d'autres espèces de poissons, permet difficilement de contrôler les oeufs qui restent en amas et sont d'un accès peu aisé. En outre il arrive que des bulles d'air s'amassent à la partie inférieure de la grille empêchant la circulation de l'eau dans une portion de la jarre.

## 5.2. Les incubateurs mixtes

Ce sont des bassins où se déroulent à la fois l'incubation et le développement des alevins jusqu'à un stade avancé. Les oeufs sont généralement placés sur des plateaux ajourés dont les trous laissent passer l'alevin vésiculé après l'éclosion.

### 5.2.1. Auges d'alevinage ("through")

Ce sont des bassins rectangulaires à trop plein, de dimensions réduites (40 cm x 4 à 6 m de long x 0,20 de profondeur). Les plateaux d'oeufs peuvent être placés de différentes façons pour faciliter l'oxygénation. Ils sont généralement disposés en piles et une plaque amovible, bloquant les différentes piles, assure une meilleure circulation verticale de l'eau.

Ces auges sont parfois équipées de paniers en grillage ; cependant, le travail y est relativement difficile, particulièrement l'enlèvement des oeufs morts.

### 5.2.2. Bacs d'alevinage carrés à courant hélicoïdal ("nursery tanks") (photo 14)

Ces bacs ayant la forme d'un carré arrondi aux angles (1 m x 1 m) ont pour but de recevoir les alevins dès la fin de la résorption de la vésicule. L'alimentation se fait par une arrivée d'eau tangentielle et l'évacuation par une crépine centrale, ces caractéristiques maintiennent à l'intérieur du récipient un courant hélicoïdal. Ils sont livrés par batteries de 6 bacs superposés pouvant coulisser comme des tiroirs dans leur armature.

Une expérience réalisée à Mactaquac a montré le parti que l'on pouvait tirer de ces bacs qui, à l'origine, ne sont pas destinés à recevoir des oeufs. Un biologiste de cette station a eu l'idée de déposer sur toute la surface du fond une couche d'oeufs de saumon.

Le résultat s'est avéré excellent, car l'uniformité du courant d'eau permet une bonne oxygénation, apportant la preuve que ce type de récipient peut être utilisé avec succès pour l'incubation. Il est possible également d'y déposer les oeufs sur des plateaux comme dans une simple auge d'alevinage.

Cette technique possède également l'avantage de diminuer le nombre de manipulations, puisque les alevins restent dans ce bac pour commencer à s'alimenter. De plus, les saumons y bénéficient, dès le début de leur vie en eau douce, d'un environnement favorable : bonne oxygénation sur toute la surface d'élevage et courant réglable.

Les incubateurs mixtes présentent l'avantage de supprimer la manipulation des alevins après l'éclosion, le taux de mortalité s'en trouve ainsi diminué. Compte tenu du prix élevé des incubateurs proprement dits, cette solution revêt un intérêt économique certain.

- INCUBATEURS -



Photo 9 - Incubateur vertical de type Burrows



Photo 10 - Tiror contenant les œufs d'une femelle de Chinook

. INCUBATEURS .

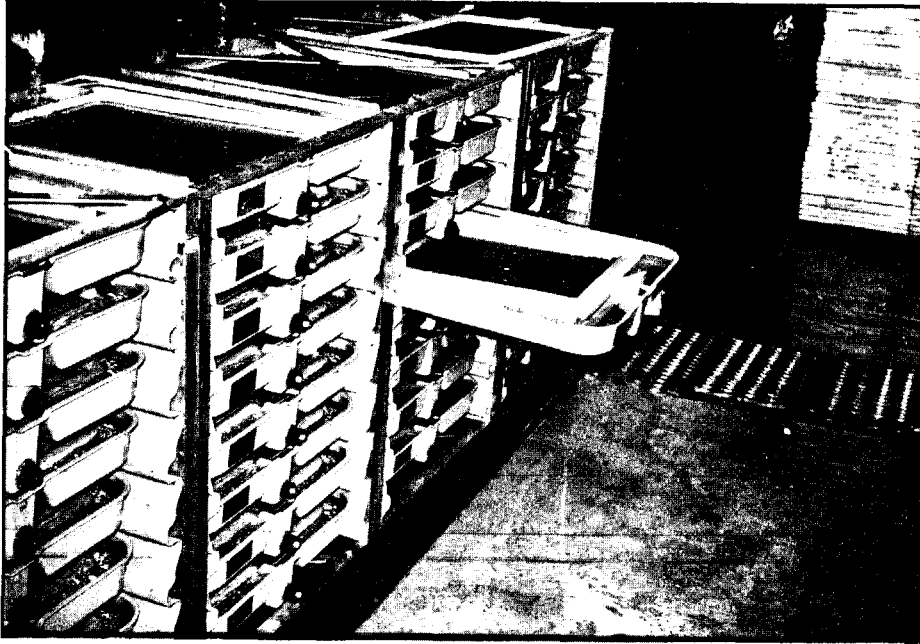


Photo 11 - Incubateurs Heath

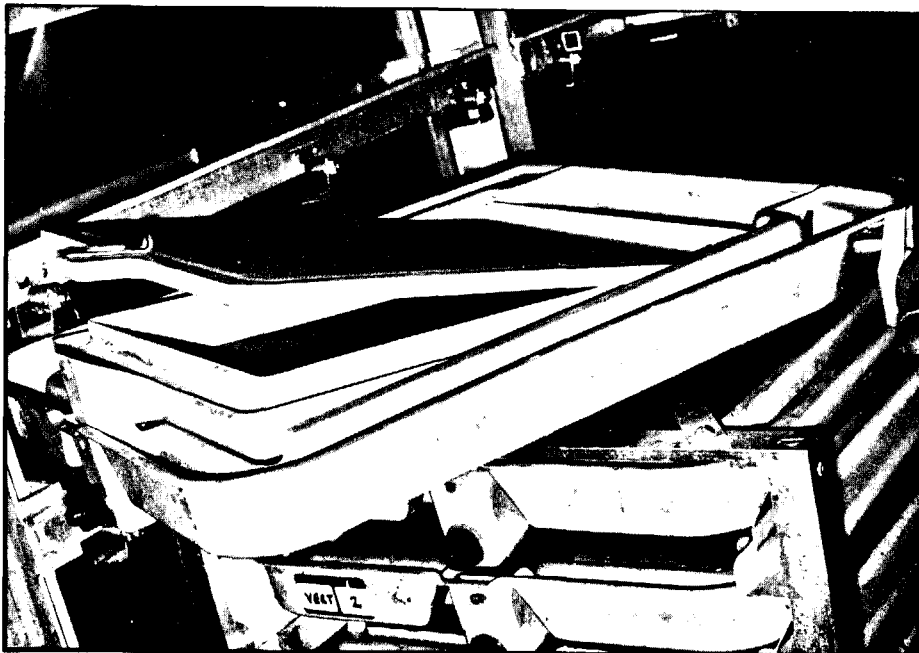


Photo 12 - Un plateau

- INCUBATEURS -

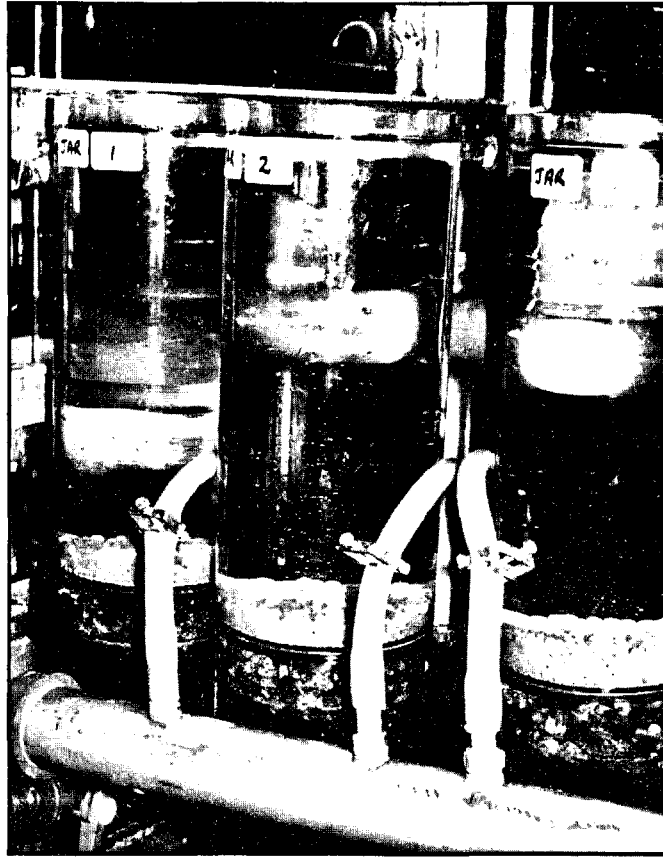


Photo 13 . Jarres d'incubation ( Mactaquac )

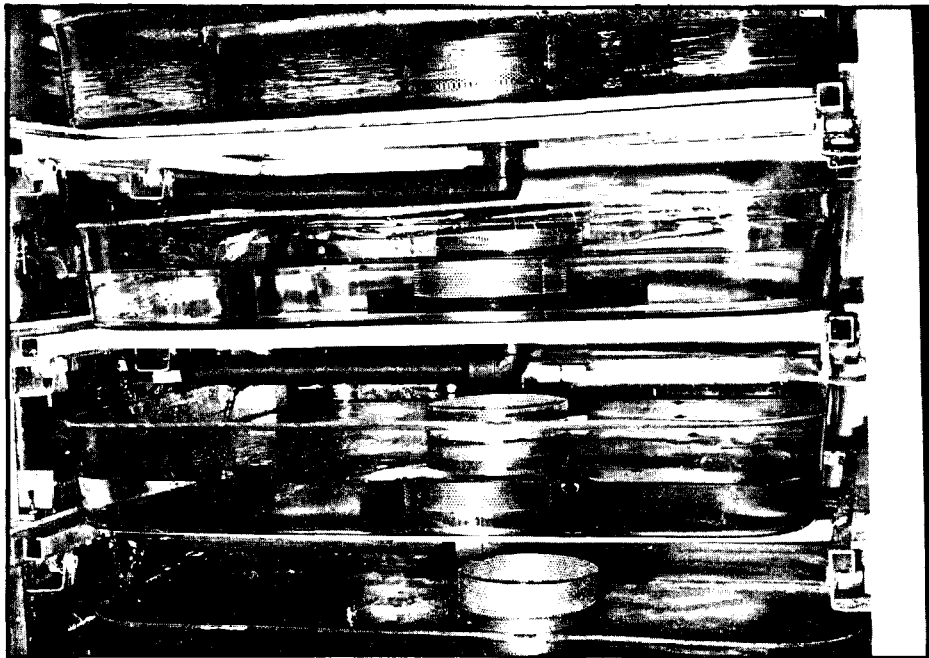


Photo 14 . Bacs d'alevinage carrés ( Mactaquac )

## 6 - LES BASSINS D'ELEVAGE

Les caractéristiques physiques et physiologiques des salmonidés étant déterminées en grande partie par la nature de l'environnement, le type de bassin utilisé est un élément capital du succès des opérations d'élevage. Il agit directement sur la qualité et les chances de survie du poisson produit.

Trois grands types de bassins sont utilisés en Amérique du Nord pour l'élevage des salmonidés migrateurs.

### 6.1. Les bassins naturels ou semi-naturels

Bien qu'ils soient à l'heure actuelle abandonnés dans la grande majorité des piscicultures, il peut être intéressant de disposer de bassins naturels ou semi-naturels de grande taille pouvant recueillir les poissons pour la fin de leur croissance. Ce sont souvent de larges excavations dans le sol garnies de graviers sur lesquels se développe la végétation, support d'une nourriture d'appoint pour les salmonidés. Les saumons ou truites sont stockés dans ces bassins au cours de leur dernière année d'élevage, ce qui permet de libérer les bassins cimentés pour la génération suivante.

Une nourriture d'appoint est fournie aux poissons grâce à un camion muni d'une soufflerie qui projette les granulés sur une grande surface en circulant autour du bassin.

La pisciculture de Cowlitz (Washington) qui produit annuellement 65 000 smolts de Steelhead (*Salmo gairdneri*) et 600 000 Cutthroat (*Salmo clarki*) est équipée de 4 bassins semi-naturels de grande taille : 380 m x 45 m . Chaque bassin a une profondeur de 2,40 m à une extrémité et 3,00 à l'autre.

Une rigole centrale cimentée recueille les truites quand le bassin a besoin d'être asséché pour y effectuer un travail quelconque : contrôle des algues, nettoyage, évaluation de la population.

Ces bassins sont évidemment d'un prix de revient restreint, mais ils présentent de nombreux inconvénients :

- Leur productivité est beaucoup plus faible que celle des autres systèmes.
- Leur nature même les rend très vulnérables au développement d'épidémies et surtout, en cas de maladies, il est très difficile de les désinfecter.

### 6.2. Les bassins à trop-plein

Ils sont caractérisés par l'existence à l'intérieur du bassin d'un tuyau vertical qui assure l'évacuation ; sa hauteur permet de régler le niveau de l'eau dans le bassin.

#### 6.2.1. Bassins rectilignes ou "raceways"

C'est le type le plus ancien et encore le plus répandu. Il est utilisé dans la région de la Columbia, du Puget Sound et dans les piscicultures du Maine et New Brunswick.

Le "raceway" est un bassin cimenté rectangulaire de forme allongée et de dimensions variables selon les stations :

- Pisciculture de Newcastle (New Brunswick) 1,20 m x 15 m.

- Ecloseries de la Columbia (Orégon, Washington) 2,40 m x 25 m.

Débit utilisé : 1 500 litres par minute.

L'alimentation se fait par une des extrémités, soit par une buse située à environ 50 cm au-dessus du niveau d'eau, soit directement par une brèche creusée dans la paroi du canal d'alimentation. Un grillage placé à 0,50 m en amont du trop plein empêche les saumons de s'échapper.

Un orifice situé à la partie inférieure du tuyau d'évacuation est fermé en temps normal par une porte coulissante ; il est ouvert lors du nettoyage, l'eau chargée des détritiques peut alors être éliminée sans que le bassin soit mis totalement à sec, ce qui assure aux poissons une quantité d'eau suffisante pour survivre pendant l'opération (figure 11).

La circulation dans ce type de bassin n'est pas très satisfaisante. Malgré un débit important, le courant créé reste très faible, et dans certaines zones l'eau n'est pas renouvelée. Des phénomènes de turbulence se produisent généralement au point d'alimentation. De plus, l'évacuation par trop plein tend à éliminer préférentiellement la couche superficielle (figure 9).

La faiblesse du courant interdit une répartition homogène de la nourriture à l'intérieur du "raceway" ; pour cette raison, la distribution manuelle sur toute la longueur du bassin est nécessaire. D'autre part, la circulation étant déficiente, l'oxygène dissous devient le facteur limitant de la production, le rendement par mètre cube utilisé est ainsi inférieur à celui des autres types de bassins.

#### 6.2.2. Bassins circulaires (photo 15)

Le bassin circulaire à fond plat fonctionne selon le même principe que le raceway. L'eau est évacuée par un trop plein central protégé par une grille cylindrique ou carrée. L'arrivée d'eau tangentielle crée un courant partiellement hélicoïdal et provoque une circulation bien meilleure que dans le bassin rectiligne, avec un débit moins important. Cependant, le courant n'est pas homogène et laisse des zones où l'eau n'est renouvelée que lentement, principalement dans un anneau situé à mi-chemin entre le bord et le tuyau d'évacuation (figure 10).

Si, en considérant la surface disponible, la capacité de production du raceway est supérieure à celle du bassin circulaire, le rendement de celui-ci est meilleur en fonction du débit d'eau exigé.

#### 6.2.3. Inconvénients de ces types de bassins

Ils sont dus principalement aux difficultés que pose le nettoyage.

Un courant d'une vitesse de 25 à 30 centimètres par seconde est capable d'entraîner la quasi totalité des déchets produits par les poissons. Au fur et à mesure que la vitesse décroît, les particules sédimentent en fonction de leur poids. Quand la vitesse du courant descend en dessous de 3 cm/sec, la totalité des détritiques s'accumule sur le fond : c'est ce qui se passe dans le cas du "raceway".

Pour cette raison, il faut effectuer un nettoyage périodique des bassins. Les déchets sont remis en suspension et leur concentration est telle à ce moment qu'ils peuvent nuire aux poissons rassemblés dans très peu d'eau.

Les impuretés ne peuvent être que partiellement éliminées étant donné l'impossibilité d'assécher totalement le bassin ; ceci permet à des foyers infectieux de se développer, en particulier dans les porosités du béton.

Quel que soit le soin apporté à ce nettoyage, l'opération blesse un certain nombre d'alevins ce qui augmente la mortalité. A ces inconvénients vient s'ajouter la nécessité d'employer une main d'oeuvre importante pour effectuer ce travail pénible.

En ce qui concerne les bassins circulaires, la vitesse plus importante du courant permet l'élimination automatique d'un certain nombre de déchets de petite taille ; cependant, les particules plus grosses s'accumulent suivant un anneau autour de la grille centrale et il est difficile de nettoyer le bassin en une seule opération. Dans ce cas, le nettoyage est encore plus problématique que pour les "raceways".

En dépit de cet inconvénient de taille, le bassin circulaire assure une meilleure répartition de la nourriture et offre l'avantage de forcer les poissons à nager contre un certain courant ce qui permet de produire des smolts plus résistants et de meilleure qualité.

### 6.3. Les bassins à évacuation par le fond, dits "self-cleaning"

Il a été prouvé que le pourcentage de retour des saumons adultes dépendait en grande partie des conditions d'élevage en eau douce. Des équipes suédoises et américaines se sont attachées à mettre au point des types de bassin particulièrement efficaces capables de produire des smolts ayant le maximum de chances de survie.

Deux modèles sont à retenir :

- le bassin de type suédois,
- le bassin rectangulaire de type "Burrows".

Tous deux ont l'avantage considérable de se nettoyer automatiquement grâce à leur évacuation par le fond.

#### 6.3.1. Le type suédois (figure 12 - photo 17)

Ces bassins ont une forme circulaire ou celle d'un carré arrondi aux angles et un fond plat. De dimensions variables, ils peuvent atteindre une superficie de 120 mètres carrés.

L'eau projetée tangentielle à la périphérie d'une hauteur de 0,50 m environ, induit un courant hélicoïdal qui aboutit à une crépine d'évacuation centrale.

Un débit minimum de 450 litres par minute pour un bassin carré de 10 m de côté assure un courant suffisant pour entraîner systématiquement tous les déchets vers la grille centrale où ils sont aspirés. Cette grille communique avec un trop plein extérieur, pouvant passer de la position oblique (réglage du niveau d'eau) à la position horizontale (purge).

Pour obtenir le maximum d'efficacité, ces bassins en ciment doivent être plastifiés ou recouverts d'une couche de peinture "anti-fouling". La surface lisse réduit les risques d'abrasion des nageoires, empêche la fixation des algues et facilite l'élimination des sources de pollution.

Ce type de bassin est surtout utilisé sur la côte est. Dans certains cas, ils peuvent être réalisés à très peu de frais (ROBINSON, 1969) ; un bassin circulaire de 7 mètres de diamètre peut être mis en place pour environ 3 000 francs en utilisant des éléments préfabriqués de silo en

fibro-ciment.

Le bassin suédois s'est avéré extrêmement efficace pour élever le Salmo salar car il assure une excellente répartition des parrs sur toute la surface du fond où ils se tiennent face au courant.

6.3.2. Le bassin rectangulaire de type "Burrows" (photo 16, Burrows 1970)

Il est constitué par une fosse rectangulaire cimentée de taille variable (15 à 22 mètres de long, 5 m de large, 0,75 à 0,90 de profondeur) pourvue d'un mur central s'arrêtant à 2,50 m des extrémités. L'arrivée d'eau se fait par deux angles opposés grâce à deux conduits verticaux percés de 7 orifices introduisant l'eau sous pression à différentes profondeurs.

Des ailettes verticales, situées aux angles et jouant le rôle de déflecteur, canalisent le courant aux extrémités du bassin évitant les phénomènes de turbulence. L'évacuation se fait par deux grilles au sol de forme allongée, situées en opposition de chaque côté du mur central.

La structure de ce bassin permet d'obtenir un courant homogène autour du mur central avec un apport d'eau relativement faible, la vitesse du courant étant évidemment fonction de la quantité d'eau introduite dans le système, comme le montre le tableau 1 calculé pour un bassin de 22 mètres.

Débit (Litres/min)	Vitesse du courant (cm/sec)	
	Près du mur extérieur	Près du mur central
750	15,6	4,2
1 100	17,7	5,1
1 500	21,0	6,0
1 900	26,4	7,5
2 300	33,3	9,5

Tableau 1 - Vitesse du courant dans les bassins du type "Burrows"

Il est possible d'augmenter la vitesse du courant au fur et à mesure de la croissance des tacons en agissant sur le débit. Les déchets sont automatiquement évacués quand la vitesse du courant devient suffisante, ce qui est obtenu avec un débit d'environ 1 500 litres par minute.

Taille du bassin (mètres)	Débit (litres/minute)	Poids des poissons (grammes)	Production (kilogrammes)	Nombre de poissons
15 x 5 x 0,75	1 500	5	900	180 000
		50	1 800	36 000
22 x 5 x 0,90	2 700	5	1 600	
		50	3 200	

Tableau 2. Capacité de production du bassin Burrows pour 2 tailles de Chinook (O. tshawytscha).



Le seul ennui du bassin Burrows est la relative complexité de sa construction qui entraîne un prix de revient plus élevé que le bassin suédois. D'autre part, si les normes de construction ne sont pas scrupuleusement respectées, des inconvénients de fonctionnement, provoquant une diminution de rendement importante (et dans certains cas la disparition du nettoyage automatique) peuvent survenir. Des ennuis de ce genre sont intervenus à la pisciculture fédérale de Craig Brook (Maine).

### 6.3.3. Avantages de ces bassins à courant rapide

#### 6.3.3.1. Capacité de production

Ces deux types de bassins ont une capacité de production supérieure à tous les autres types existants pour un débit équivalent. Il est à noter que la capacité en smolts d'un bassin déterminé est beaucoup plus importante, dans le cas des oncorhynchus, que dans celui du saumon Atlantique.

#### 6.3.3.2. Contrôle des maladies

L'absence de zones sans courant limite l'accumulation des déchets et la fixation d'organismes porteurs de germes tels que les diatomées. De plus, le courant a tendance à épuiser rapidement les poissons faibles ou malades, ce qui diminue les risques de contagion.

#### 6.3.3.3. Distribution de la nourriture

La vitesse du courant assure une bonne répartition de la nourriture sur toute la surface du bassin, ce qui permet de libérer les granulés en un point seulement (deux pour les bassins de Burrows). Même les particules qui tombent sur le fond sont entraînées et roulent dans le courant, attirant ainsi l'attention des poissons qui les ingurgitent rapidement.

La répartition homogène des saumons dans tout le bassin permet également de gaspiller moins de nourriture.

#### 6.3.3.4. Nettoyage automatique

L'élimination automatique des déchets supprime toute intervention mécanique susceptible de léser les poissons, assure une propreté constante du milieu d'élevage et réduit la main d'oeuvre nécessaire.

Un nettoyage annuel des bassins s'est avéré suffisant. La peinture anti-fouling doit être renouvelée chaque année.

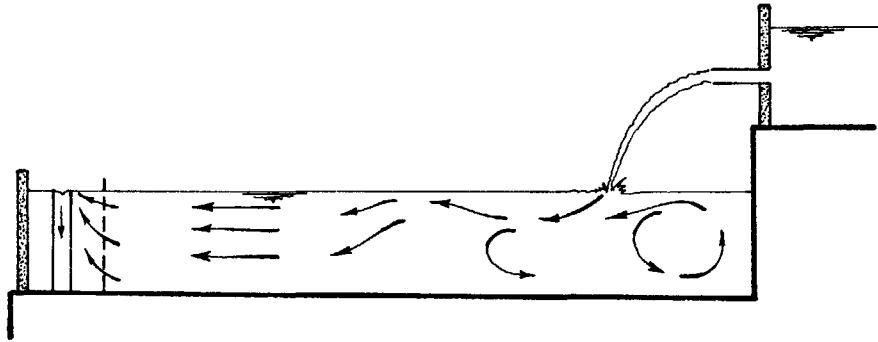
#### 6.3.3.5. Qualité du poisson produit, viabilité

Des tests de résistance ont montré (BURROWS, 1969) que les parrs élevés dans des bassins à courant rapide étaient beaucoup plus résistants que ceux élevés dans des "raceways". Les caractéristiques physiologiques témoignent d'ailleurs de cette résistance :

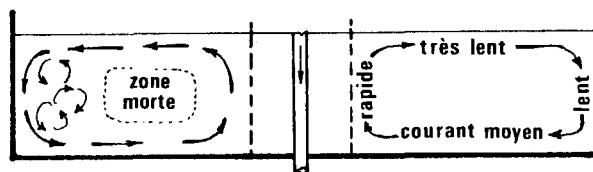
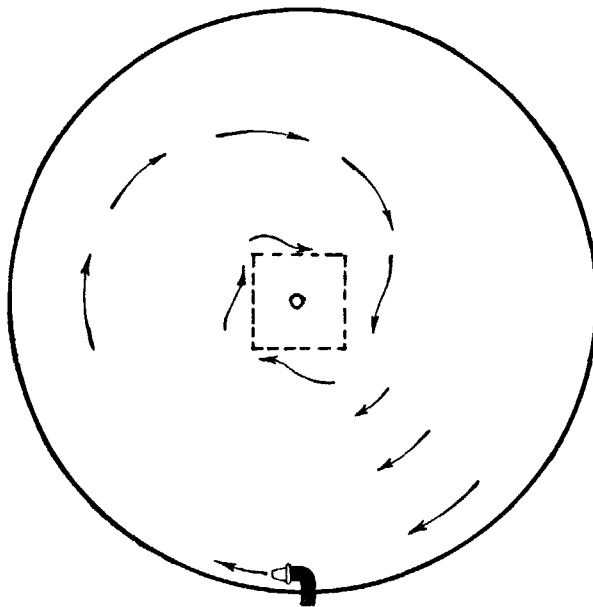
- résorption plus rapide de l'acide lactique musculaire après un effort (WENT, 1970)
- teneur en protéines plus élevée,
- etc.

Ceci se traduit après le lâcher des smolts par une survie beaucoup plus importante pour les poissons entraînés à vivre dans le courant, et par un taux de retour plus élevé dans la

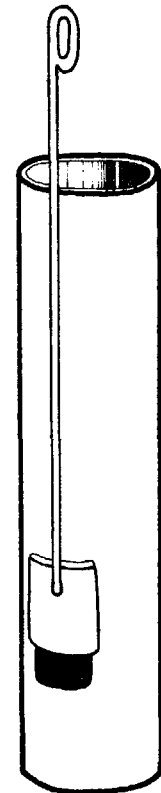
**LES BASSINS A TROP-PLEIN**



**Fig. 9 . CIRCULATION D'EAU EN "RACEWAY"**



**Fig. 10 . EN BASSIN CIRCULAIRE**



**Fig. 11 . TROP-PLEIN DE RACEWAY**

- BASSINS D'ELEVAGE -

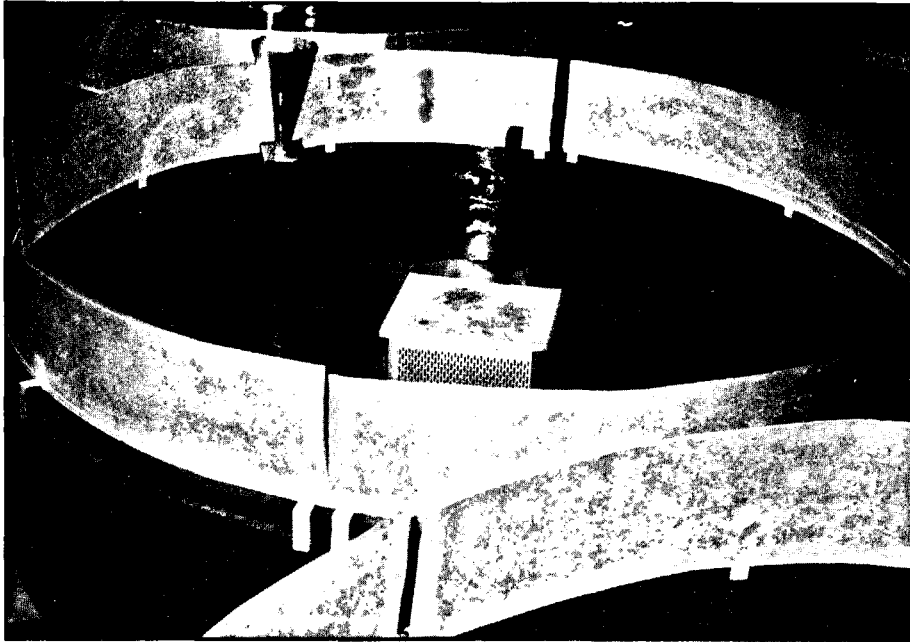


Photo 15 - Bassin circulaire à trop plein central ( Longview )

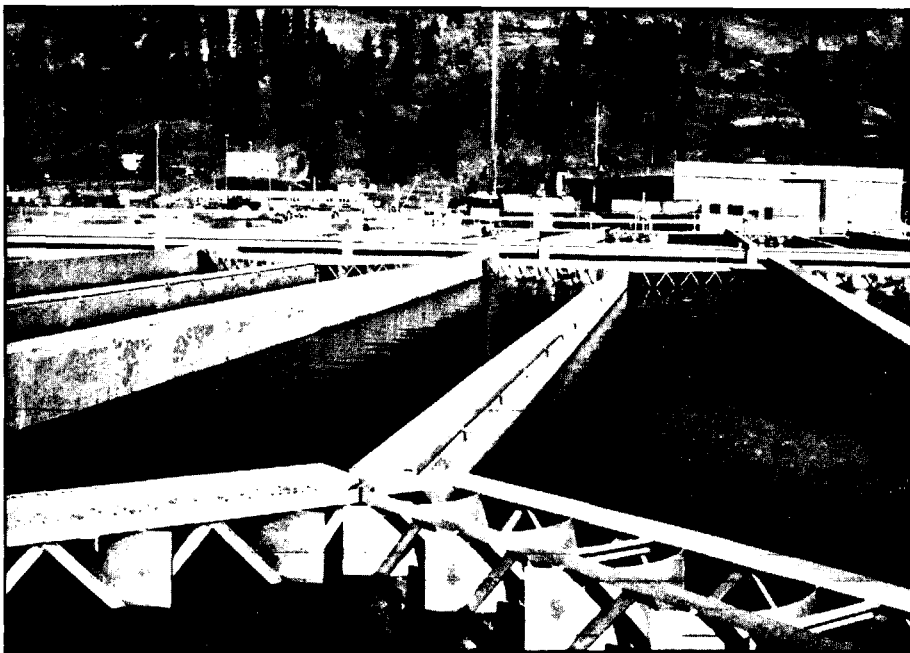
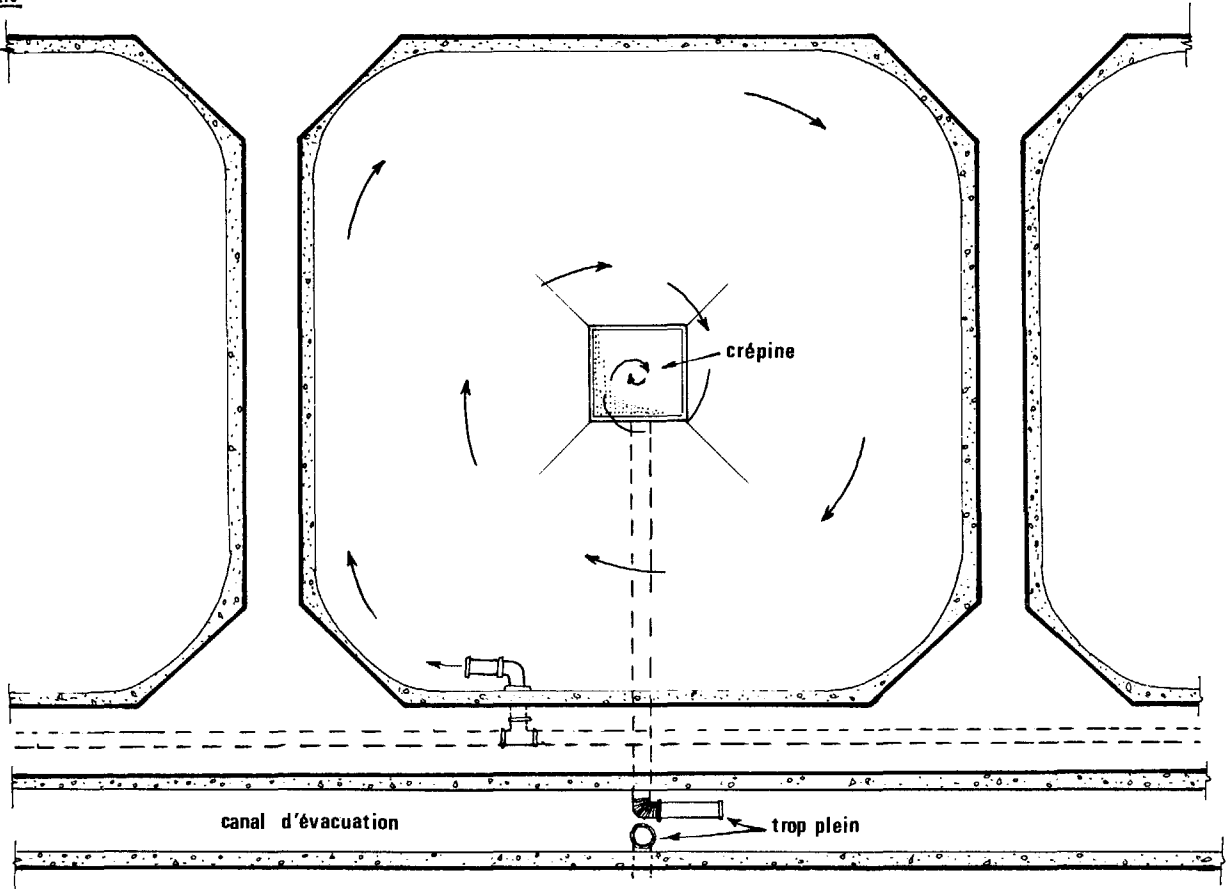


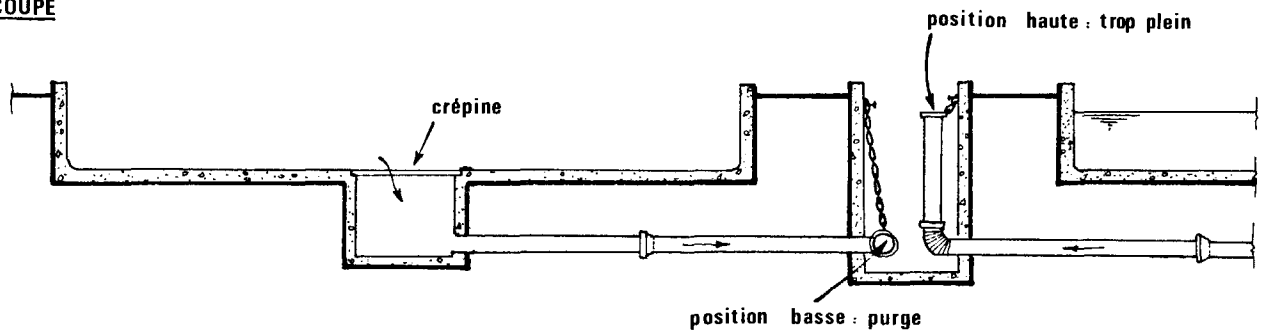
Photo 16 - Bassin de type Burrows ( Dworshak )

**BASSINS D'ELEVAGE**

**PLAN**



**COUPE**



**Fig. 12 - Bassins de type suédois (Mactaquac)**

- BASSINS D'ELEVAGE -



Photo 17 - Bassin de type suédois (Mactaquac)

rivière d'origine.

Des Chinooks d'automne furent testés avec un appareil ergométrique déterminant un "indice de résistance". Ceux provenant de bassin "Burrows" atteignaient un indice de 99, les autres élevés en raceways ne dépassant pas la moyenne de 64.

Ces deux lots furent relâchés ensemble et le pourcentage de retour fut de 62 % supérieur chez les poissons ayant l'indice le plus élevé, (BURROWS, 1969).

L'ensemble de ces constatations a permis de conclure que pour les réalisations futures, les bassins à trop-plein du type "raceway" devaient être proscrits.

Pour cette raison, un projet prévoit la reconversion des "raceways" des piscicultures du bassin de la Columbia en bassins de type Burrows ; la transformation de deux bassins rectilignes en un bassin à courant rapide est estimée à 15 000 francs.

Les trois plus grandes écloseries de la côte atlantique, Mactaquac (New Brunswick) Gaspé (Québec) et Craig Brook (Maine) sont pour leur part équipées totalement ou en partie de bassins suédois.

## 7. LA NOURRITURE

### 7.1. Différents types

La nourriture joue un rôle capital dans le succès ou l'échec d'une pisciculture à saumons et constitue sans doute l'élément déterminant de la réussite des réalisations américaines.

L'application de techniques empiriques et archaïques a été la cause de nombreuses difficultés depuis le début de la salmoniculture. L'utilisation de carcasses de géniteurs non stérilisées pour nourrir les poissons a provoqué des épidémies catastrophiques comme la tuberculose des saumons sur la côte pacifique.

Depuis ces échecs, des chercheurs se sont penchés sur ce problème pour définir les besoins nutritifs des "parrs" en vue de la fabrication d'une nourriture artificielle. On a ainsi établi avec précision les besoins en vitamines, en acides gras essentiels, en acides aminés et ces connaissances ont permis la fabrication de nourriture d'excellente qualité à prix relativement bas.

La révolution en matière de nutrition, amorcée vers 1960, a abouti au succès des granulés humides ou "Moist Pellets" qui semblaient les mieux acceptés. Depuis, certains laboratoires ont mis au point des granulés secs tout aussi efficaces et d'un emploi plus aisé.

#### 7.1.1. Le foie de boeuf

Si l'utilisation des granulés (secs ou hydratés) s'est généralisée de façon exclusive sur la côte pacifique, le foie de boeuf broyé est encore d'un emploi courant dans les piscicultures de saumon atlantique. Ceci est dû, en grande partie, à l'échec relatif de certains granulés secs, de fabrication suédoise, pour l'alimentation des alevins de premier âge ; ils ont souvent entraîné une mortalité trop élevée.

Le foie de boeuf acheté congelé donne par ailleurs de bons résultats pour le début de l'alimentation, car il contient la plupart des éléments nutritifs indispensables. C'est un aliment relativement énergétique puisqu'il apporte 570 calories par livre ; cependant, cet avantage est faible en face de nombreux problèmes que pose son utilisation.

Son prix de revient est très élevé (5,10 f/kg) et son utilisation nécessite une installation frigorifique importante puisqu'il doit être conservé, congelé. Sa manutention est malaisée, ainsi que sa distribution. Enfin le gaspillage est important et les déchets s'accumulant dans le fond du bassin peuvent être la source d'infections graves.

Dans la mesure du possible, l'utilisation du foie de boeuf pour nourrir les jeunes alevins est une solution à abandonner.

#### 7.1.2. Nourriture expérimentale : "Diet 8"

L'étude des besoins nutritifs des salmonidés a été entreprise dans plusieurs laboratoires. Le Dr John HALVER du Western Nutrition Laboratory, Cook (Washington) a mis au point une nourriture de base : la "diet 8", qui permet d'étudier les exigences des salmonidés.

##### 7.1.2.1. Composition et fabrication

760 grammes de caséine sont d'abord mélangés avec 560 g de dextrine. On ajoute ensuite 240 g de gélatine, on homogénéise le tout au mixer avant d'ajouter 180 g d'un mélange de

vitamines (tableau 3). On introduit alors successivement 80 g de sels minéraux puis 180 g de lipides (mélange de 7 parties d'huile de foie de morue et 2 parties d'huile de maïs). Le tout est alors passé au mixer pendant 10 minutes puis on ajoute 4 000 cc d'eau à 72° C, ce qui permet de faire fondre la gélatine sans altérer les autres composants.

On laisse le mélange au réfrigérateur pendant une heure environ, jusqu'à ce qu'il atteigne 30° C.

Le mélange peut se conserver 7 mois au congélateur à - 18° C. Il a une consistance solide à température normale et il est distribué par pression à travers un crible calibré.

La "Diet 8" est une nourriture expérimentale ; elle est trop coûteuse et trop peu maniable pour être utilisée à l'échelle de la production.

	mg
Thyamine .....	5
Riboflavine (Vit B2) .....	20
Pyrodoxine (Vit B6) .....	5
Choline .....	500
Acide nicotinique .....	75
Panthothénate de Calcium .....	50
Inositol .....	200
Biotine (Vit H) .....	0,5
Acide folique .....	1,5
Acide L-ascorbique .....	100
Cycobemine (Vit B12) .....	0,01
Menadione (Vit K ) .....	4
Vitamine E .....	40

Tableau 3. Mélange de vitamines

USP XII N° 2 .....	Complément à 100 g
AlCl 3 .....	15 mg
Zn So4 .....	300 mg
Cu Cl .....	10 mg
Mn So4 .....	80 mg
KI .....	15 mg
Ca Cl2 .....	100 mg

Tableau 4. Mélange de sels minéraux

### 7.1.2.2. Résultats sommaires de l'étude expérimentale

#### - Besoins en protéines :

Les poissons ont des besoins élevés en protéines. Ces exigences peuvent varier avec la température.

A 8° C, le régime optimum doit contenir 40 % de protéines mais à 13° C, 55 % sont nécessaires pour le saumon Chinook.

Au laboratoire de Longview (Wash.), des recherches effectuées sur la truite Steelhead ont montré que les exigences de ce poisson étaient du même ordre. Les besoins spécifiques en divers acides aminés ont été déterminés avec précision (HALVER, DELONG, MERTZ, 1958).

#### - Les lipides :

Les besoins des salmonidés en lipides amènent à considérer à la fois le problème quantitatif et qualitatif. Si l'adulte demande relativement peu de lipides, les exigences des jeunes alevins sont plus élevées.

La nature des corps gras introduits dans le régime alimentaire peut occasionner certains troubles comme l'anémie causée par le stockage de lipoprotéines dans le foie. Cette maladie très grave résulte d'un excès de lipides des animaux riches en acides gras saturés. Ces graisses mal métabolisées se condensent au niveau du foie et l'on observe une dégénérescence des tissus hématopoïétiques.

Les salmonidés amphibiotiques ont par contre besoin d'acides gras polyinsaturés ; cependant, certains de ces acides ont un taux de rancissement élevé. Leur oxydation dans les tissus provoque généralement un arrêt de croissance et des troubles divers se terminant également par une grave anémie (FOWLER et WOOD, 1967).

#### - Les glucides

Les besoins en hydrates de carbone des salmonidés sont relativement peu importants. Cependant, il a été démontré (BURROWS, 1969) que les smolts riches en réserves présentaient des taux de survie plus élevés.

Pour cette raison, les nutritionnistes tendent actuellement à augmenter la concentration de glucides dans la nourriture.

#### - Vitamines

Les besoins vitaminiques sont maintenant bien connus, et ont permis de constituer des mélanges optimaux tel que celui de la "Diet 8" (HALVER, 1957).

#### - Sels minéraux :

Les besoins spécifiques sont connus avec moins de précision. Cependant des mélanges de sels minéraux ont donné des résultats très satisfaisants (tableau 4).

Ils sont introduits dans le régime en faible quantité, mais il a été montré qu'une nourriture enrichie en sels (12 %) provoquait une diminution de croissance mais une meilleure adaptation à l'eau de mer (ZAUGG et Mc LAIN, 1969).



Certains besoins dépendent de l'état physiologique du poisson : alors qu'un "parr" ne nécessite que 0,6 microgramme d'iode par gramme de nourriture sèche, les besoins du "smolt" s'élèvent à 1,1 mg/g car une activité thyroïdienne intense se manifeste au moment de la migration.

7.1.3. Les granulés hydratés ou "Moist Pellets"

7.1.3.1. L'Oregon Moist Pellet ou OMP

Pendant longtemps elle fut la seule utilisée dans le bassin de la Columbia et fut en grande partie la cause du redressement spectaculaire des années 60.

- Composition :

Foie de boeuf .....	12,00 %
Viscères de saumon .....	28,00 %
Farine de hareng .....	28,00 %
Sous-produits de blé .....	14,80 %
Résidus de distillat de maïs .....	3,00 %
Farine de graines de coton .....	6,00 %
Petit lait déshydraté .....	3,00 %
"A et D Feeding oil" .....	3,00 %
Mélange de sels minéraux .....	0,80 %
Mélange vitaminique .....	0,70 %
Chlorure de choline .....	0,65 %
Antioxydant .....	0,05 %
	<hr/>
	100,00 %

- Mélange vitaminique :

Ce mélange doit être utilisé dans les 45 jours qui suivent sa fabrication. Il doit être combiné avec le mélange de farines immédiatement avant l'addition du mélange hydraté. 95 % du mélange doit pouvoir passer à travers un filtre tamis US N° 60 et 100 % à travers un filtre US N° 40.

- Mélange de farines

Le mélange doit traverser totalement un crible de 0,40 mm. Il ne doit pas être conservé plus de 30 jours avant la fabrication des granulés, et doit être homogénéisé avec le mélange vitaminique juste avant l'élaboration du produit final. Les techniques utilisées pour mouliner ne doivent pas porter l'ensemble à une température supérieure à 50° C.

- Mélange hydraté

Les constituants à base de poisson doivent être dissociés séparément pour produire des particules ne dépassant pas la taille de 0,2 mm. La mouture doit être très fine, particulièrement si elle entre dans la composition de granulés de dimension inférieure à 1 mm.

Les viscères de saumon utilisés doivent être pasteurisés et il est préférable d'employer du poisson frais plutôt que du poisson congelé. Au cours de la préparation, la température du poisson frais ne doit pas s'élever au-delà de 15° C, et celle du poisson surgelé ne doit pas

dépasser - 1° C avant la combinaison avec le reste du mélange hydraté.

Vitamine	Composition minimum	Normes à respecter
Acide ascorbique	52,86 g	
Biotine	35,24 mg	
Vitamine B12	3,524 mg	
Vitamine E	29,50 Unités internationales	Acétate d'alpha tocophérol (1)
Acide folique	418,5 mg	Pas de folate de zinc
Inositol	33,00 g	Pas de phytate de Ca
Menadione	352,4 mg	Bisulfite de ménadione Sodium ou bisulfite de ménadione dimethyl pyrimidol
Niacine	11,00 mg	
Acide panthothénique	6,16 g	D panthothénate de Ca (2)
Acide para amino ben- zoïque	17,18 g	
Pyridoxine	1,035 g	
Riboflavine	3,08 g	
Thyamine	1,390 g	Mononitrate de thyamine

(1) 1 mg d'acétate de D alpha tocophérol = 1,36 unités internationales  
1 mg d'acétate de DI alpha tocophérol = 1 unité internationale.

(2) Le D panthothénate de Calcium contient environ 92 % d'acide panthothénique

Tableau 5. Composition de mélange vitaminique (pour 1 000 g)

- Addition de la farine au mélange hydraté :

L'homogénéisation se déroule dans un mixer conventionnel et non directement dans la machine à granulés, jusqu'à ce que le degré de plasticité désiré soit obtenu. La température ne doit pas dépasser 90° C ni l'hydratation descendre au-dessous de 30 % au moment de la mise en sac.

Les granulés existent en plusieurs tailles dont les diamètres sont les suivants :  
0,8 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 3 mm.

L'OMP doit être conservé dans une chambre frigorifique à une température proche de - 30° C.

7.1.3.2. Nourriture du "College of Fisheries" de Seattle

(Washington) (Ball Pamela D. Données non publiées)

Ce type d'aliment hydraté est composé de farines de poisson dans lesquelles les

carcasses de saumon entrent pour au moins 75 %. Les 25 % restants peuvent être constitués par des poissons marins parmi lesquels les poissons plats sont les moins intéressants en raison de leur faible teneur en vitamine E.

Les carcasses comprenant tête, peau, écailles, nageoires, squelette, mais débarrassées des viscères, sont chauffées pendant 7 heures entre 60 et 80° C. Pendant les 5 heures suivantes, la température de la vapeur descend graduellement entre 49 et 54° C. Durant ces opérations, la farine de poissons doit être maintenue à environ 85° C.

— Pour 400 kilos de carcasses congelées, on ajoute :

- 4 kg d'avoine,
- 4 kg de son de riz,
- 4 kg de germes de blé,
- 2 kg de farine de crabe,
- 2 kg de farine d'algue,
- 4 kg de poudre de lait,
- 1 kg de chlorure de choline,
- 1,5 kg de "Oregon Vitamin mixture" (identique au mélange OMP)

— 200 kg de viscères de saumon congelés sont desséchés, on y ajoute :

- 2 kg de germe de blé,
- 2 kg de son de riz,
- 2 kg d'avoine,
- 1 kg de farine de crabe,
- 1 kg de farine d'algue,
- 0,250 kg de Rhozyme B6, enzyme protéolytique, manufacturée par Rohme and Hass, Philadelphie, Pensylvannie.

On élève la température jusqu'à 60° C pendant une heure ce qui permet à l'enzyme de digérer les protéines. On chauffe ensuite pendant 5 minutes à 82° C pour détruire cet enzyme. Le mélange est surgelé pour éviter toute perte ou dénaturation jusqu'à l'utilisation.

Pour préparer la nourriture, une certaine quantité de farine de carcasses de saumon est mélangée avec une quantité équivalente d'autolysat de viscères. Après fusion, les deux éléments sont mélangés et passés au moulin à viande d'où le composé sort sous forme de "spaghettis" coupés dès la sortie en courts granulés qui sont ensuite surgelés.

#### 7.1.4. Les granulés secs

Deux types de granulés secs sont maintenant largement utilisés aux Etats-Unis et au Canada et tendent dans certaines régions à supplanter les granulés hydratés, la nourriture suédoise EWOS et la nourriture mise au point au Salmon Cultural Laboratory, Longview (Wash.) qui porte le nom de "Abernathy Dry".

D'autres firmes ont par la suite mis en application les découvertes des laboratoires de recherche alimentaire pour commercialiser des nourritures dérivées des formules précédentes, mais elles ne jouissent pas du même succès commercial.

##### 7.1.4.1. Les granulés EWOS

Cette nourriture a été mise au point par A/B EWOS à Södertälge en Suède. Cette firme

fait partie du groupe "Astra chemical", elle fabrique depuis 1960 une nourriture spéciale pour saumon atlantique, riche en protéines.

La nourriture de base pour jeunes alevins a une composition différente de la nourriture standard de croissance car cette dernière provoquait une mortalité importante au début de l'alimentation.

#### 7.1.4.1.1. Les granulés premier âge

Deux formules sont actuellement commercialisées par Ewos, la deuxième plus récente donne de bien meilleurs résultats que la première. Ces granulés sont utilisés depuis la fin de la résorption de la vésicule jusqu'au poids de 19 grammes.

##### - Ewos starter F 48 :

Protéines	64 %
Lipides	8,0 %
Cendres	12,0 %
Eau	7,0 %
Glucides	7,5 %
	1,5 %

Vitamines : A, D, E, K, BI, B2, B6, B12, niacine, H, Penthothenate de calcium, Acide folique, Inositol, Acide P-aminobensoïque, choline, Vitamine C.

Cette nourriture, riche en protéines et composée d'éléments facilement absorbables n'a pas donné les résultats attendus. Elle devait servir à remplacer le foie de boeuf pour le début de l'alimentation, mais les fortes mortalités enregistrées ont conduit les pisciculteurs de la côte atlantique à revenir à cette nourriture carnée, abandonnant les granulés.

Elle est vendue aux Etats-Unis au prix élevé de 4,15 f/kg.

##### - Ewos stater F 139 :

Devant l'échec relatif de la formule F 48, Ewos a mis au point une nouvelle formule baptisée F 139, possédant plus de lipides, ce qui lui donne une consistance plus souple. Ces granulés sont mieux acceptés par les alevins et la mortalité est faible.

Protéines	58,0 %
Lipides	16,0 %
Cendres	11,0 %
Eau	7,0 %
Glucides	6,6 %
	1,4 %

Vitamines : composition identique au F 48.

Les normes d'utilisation ainsi que le prix sont les mêmes que pour la première formule, mais les résultats semblent bien supérieurs.

Ces 2 starters existent en deux dimensions de granulés, compatibles avec les tailles de poissons à nourrir.

7.1.4.1.2. Nourriture de croissance : Ewos salmon grower F 49

Protéines	50,0 %
Lipides	6,0 %
Glucides	24,0 %
Cendres	10,0 %
Eau	8,0 %
	2,0 %

La teneur en vitamines est équivalente à celles des formules F 48 et F 139. Le granulé Ewos existe en 4 tailles que l'on utilise au fur et à mesure de la croissance des parrs. Prix de distribution aux Etats-Unis : 3,25 F/kg.

Cette nourriture semble actuellement parfaitement au point, elle assure une bonne croissance, un bon taux de conversion, son seul inconvénient réside bien sûr dans son prix élevé.

Elle est utilisée d'une façon généralisée dans les piscicultures à saumon atlantique de la côte Est.

7.1.4.2. Les granulés Silvercup

Cette nourriture sèche, commercialisée par la firme "Murray Elevators" Salt Lake City (Utah) a été testée à la pisciculture de Mactaquac où elle a donné de bons résultats. Elle existe en plusieurs tailles sous la référence Silvercup IVF 180.

Elle a un prix de revient inférieur à l'Ewos, mais depuis la mise en service de F 139, dernière formule Ewos Starter, elle semble moins utilisée.

7.1.4.3. L'Abernathy Dry (FOWLER et BANKS, 1967, 1969)

Mise au point au Salmon Cultural Laboratory, Longview (Wash.) par R. BURROWS et ses collaborateurs COMBS, FOWLER, ELLIOT et BANKS après plusieurs années de recherches, cette nourriture sèche s'affirme comme un concurrent extrêmement sérieux pour les granulés Ewos.

Elle est constituée d'une combinaison de farines diverses avec des huiles végétales, le tout additionné d'un supplément vitaminé et mis en granulé à sec, par pression.

Elle contient :

- 45 % de protéines (au moins 2/3 sont des protéines de poisson),
- 20 % de lipides,
- 28 % de glucides,
- pas plus de 8,5 % d'eau .

Chaque livre équivaut à 1 500 calories.

Formule 1971

- Farine de poisson : 52,4 %

Cette farine doit contenir au moins 70 % de protéines, moins 12 % de lipides et moins de 7 % d'eau.

Elle est constituée généralement de hareng, on envisage à l'avenir d'utiliser des farines de rousette, turbot, colin et de carcasses de saumons.

- Petit lait séché : 19 %  
( doit contenir au minimum 15 % de protéines)
- Farine de germes de blé : 19 %  
(dont au moins 25 % de protéines et 8 % de lipides).
- Sous produits du blé : 6,6 %
- Huile de soja : 2 %
- Vitamines : 1 %

Mononitrate de thyanine .....	0,330 g
Riboflavine .....	1,520 g
Hydrochlorure de pyridoxine .....	0,660 g
Niacine .....	10,500 g
Acide D-panthothénique .....	1,500 g
Inositol .....	30,000 g
Biotine .....	0,066 g
Acide folique .....	0,220 g
Acétate de DL alpha tocophérol .....	23,120 g
Acide ascorbique .....	56,200 g
Support .....	875,00 g

Tableau 6. Composition du mélange vitaminique pour 1 000 g.

Fabrication et tailles des granulés.

A la farine de base citée plus haut, on ajoute 6 % d'huile de soja supplémentaire pour le "starter" et 4 % pour l'aliment de croissance. La farine, après un séjour prolongé dans un mélangeur est introduite dans un "pelletizer" où les granulés sont agglomérés par pression, à sec et non par adjonction d'eau comme cela se faisait auparavant. Les granulés sont pressés par la force centrifuge à travers une grille calibrée et taillée à la demande par une lame réglable,

Ils sont ensuite triés sur un tamis vibrant à trois étages et mis en sacs.

Le prix de revient de l'Abernathy Dry est de 1,44 f/kg . Ces granulés permettent d'obtenir un taux de conversion très intéressant :

$$\frac{\text{poids de nourriture fourni}}{\text{poids gagné par le poisson}} = 1 \text{ à } 1,2 \text{ (Conditions expérimentales)}$$

Diamètre		Taille des poissons	
Inches	m/m	g	nb/livre
2/64	0,79	0,55	875
3/64	1,18	0,55 à 1,00	875 à 500
4/64	1,58	1,00 à 2,50	500 à 200
6/64	2,37	2,50 à 5,00	200 à 100
8/64	3,17	5,00 à 10,00	100 à 50
12/64	4,74	plus de 10	moins de 50

Tableau 7. Taille des granulés, utilisation

Il est à noter que cette nourriture sèche a donné d'excellents résultats avec plusieurs espèces de salmonidés de la côte pacifique, notamment :

- Chinook salmon,
- Coho salmon
- Truite steelhead.

Une expérience test menée à Craig Brook (Maine) sur des saumons atlantique pendant une période de 18 mois a montré que l'Abernathy dry était au moins égal sinon supérieur à l'Ewos pour un prix de revient très inférieur.

L'Abernathy, tout comme l'OMP est en "Open formula" : il ne fait l'objet d'aucun brevet et pourrait être fabriqué en France.

#### 7.1.5. Conclusions sur les nourritures utilisées en Amérique du Nord

Il est indiscutable que le succès des piscicultures à saumon et à Steelhead de la côte pacifique des Etats Unis et du Canada a été dû en grande partie à la mise au point des granulés hydratés. Leur emploi a été généralisé dans toutes les stations piscicoles de la région.

L'utilisation de ces granulés présente cependant quelques inconvénients que n'ont pas les granulés secs.

- Il faut les conserver au congélateur pour éviter une détérioration des composants. Ceci nécessite des chambres frigorifiques coûteuses et une manutention importante : chaque jour le nombre de sacs nécessaires doit être mis à dégeler avant l'utilisation.

- Leur nature humide et collante empêche la distribution par les distributeurs automatiques conventionnels. Pour cette raison, l'OMP et ses homologues doivent être distribués chaque jour à la main dans les bassins.

Des nourrisseurs automatiques à granulés hydratés ont été mis au point : ils nécessitent une isolation thermique et une puissante soufflerie ce qui les rend environ 5 fois plus coûteux que ceux à granulés secs pour un même travail.

On a longtemps cru que les granulés secs étaient moins bien acceptés par les jeunes saumons. On sait maintenant qu'il n'en est rien à condition de tenir compte d'un certain nombre de facteurs (FOWLER et BANKS, comm.)

- Contrairement aux granulés hydratés, ils ne peuvent pas s'aplatir dans la bouche des saumons. Pour cette raison, ils doivent avoir une taille inférieure pour faciliter la déglutition.

- Le passage d'une taille à une autre doit être progressif par mélange des deux catégories.

- Ils doivent être distribués en moindres quantités mais plus souvent, particulièrement au début de l'alimentation.

Si ces quelques conditions d'utilisation sont respectées, on s'aperçoit rapidement des avantages des granulés secs :

- Etant plus concentrés, ils donnent une meilleure conversion se rapprochant de 1, soit 20 à 25 % d'efficacité supplémentaire par rapport aux granulés hydratés.

- Leur prix de revient peut être moins élevé : pour un même poids de granulés, on achète 20 % d'eau dans les hydratés.

- Enfin ils n'ont pas besoin d'être congelés, ils se conservent un an sans altération dans un endroit frais et sec.

## 7. 2. Modes de distribution

Autrefois la nourriture se distribuait à la main et c'est encore souvent le cas dans les écloseries qui utilisent des granulés hydratés. Cependant, les distributeurs automatiques sont maintenant d'un usage courant dans la grande majorité des établissements que nous avons visités.

### 7. 2. 1. Distributeurs électriques fixes ("automatic feeder")

Les types de "feeders" pouvant être utilisés revêtent des formes très variées, mais ils fonctionnent tous sur le même principe. Une minuterie permet de régler le nombre d'heures pendant lesquelles les poissons doivent être nourris ainsi que la fréquence des distributions.

Le nourrisseur lui-même est constitué d'un conteneur à parois semi-isolantes qui reçoit plusieurs kilogrammes de nourriture. A sa partie inférieure, l'orifice de distribution est obturé par une barre d'acier. Périodiquement, la minuterie électrique actionne l'obturateur métallique qui dégage l'orifice de distribution.

Un ressort à vis permet de doser la quantité libérée.

Certains feeders possèdent en outre à leur partie inférieure un disque se mettant en marche périodiquement ; les granulés libérés sont alors dispersés par la force centrifuge.

### 7. 2. 2. Distributeurs à alevins

Ces nourrisseurs sont utilisés au-dessus des auges d'alevinage (Throughs).

La nourriture sèche est répartie sur toute la surface d'une rigole métallique longue et étroite. Le fond est formé de deux plaques métalliques perforées dont les trous ne sont pas en regard.

A une des extrémités de l'appareil, une minuterie actionne brutalement la plaque inférieure en faisant coïncider les perforations pendant un court instant. Une certaine quantité de nourriture est ainsi libérée à intervalles réguliers sur toute la surface des bassins.

La cadence des distributions peut être programmée sur la minuterie. Deux plaques métalliques en forme de toit permettent de répartir la nourriture libérée dans deux bassins voisins à l'aide d'un seul distributeur.

### 7. 2. 3. Distributeurs mobiles (photos 19-20)

Dans le cas de piscicultures possédant un grand nombre de petits bassins, l'achat d'un feeder fixe pour chaque unité d'élevage entraînerait des dépenses importantes. Pour cette raison, on utilise un distributeur mobile se déplaçant électriquement sur rails, mis en route périodiquement par une minuterie.

Ces distributeurs sont constitués d'un réservoir conique recevant la nourriture. Celle-ci se vide par la face inférieure sur un disque muni de palettes. Le chariot se déplace sur rails le long des bassins.

Le chariot est mu par deux batteries de 12 volts qui se mettent automatiquement en charge lors de l'arrêt du feeder.



- NOURRISEURS AUTOMATIQUES -

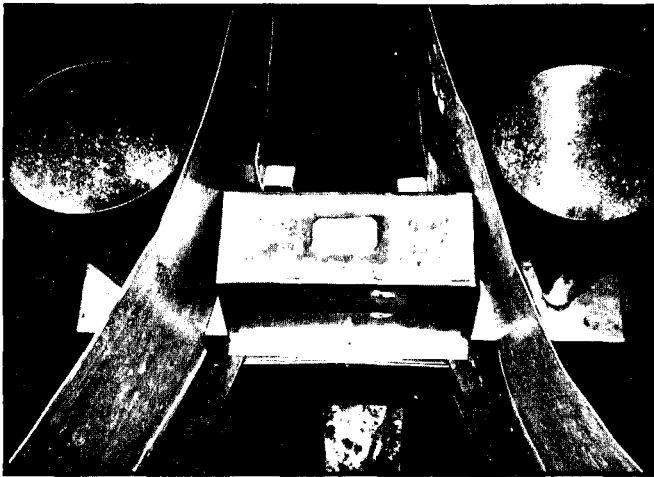


Photo 18 - Distributeur double  
( Longview )

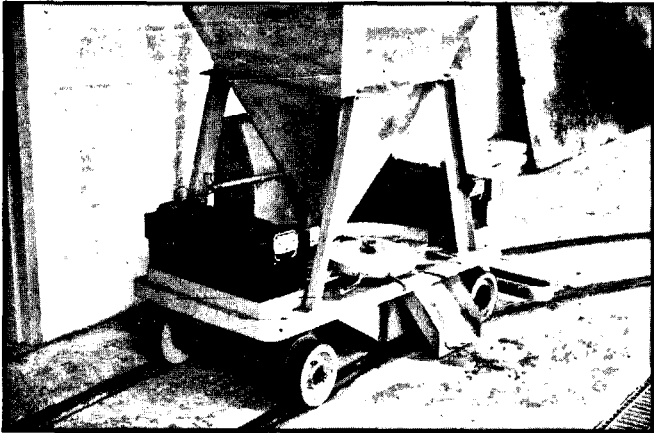


Photo 19 - Distributeur mobile  
( Mactaquac )

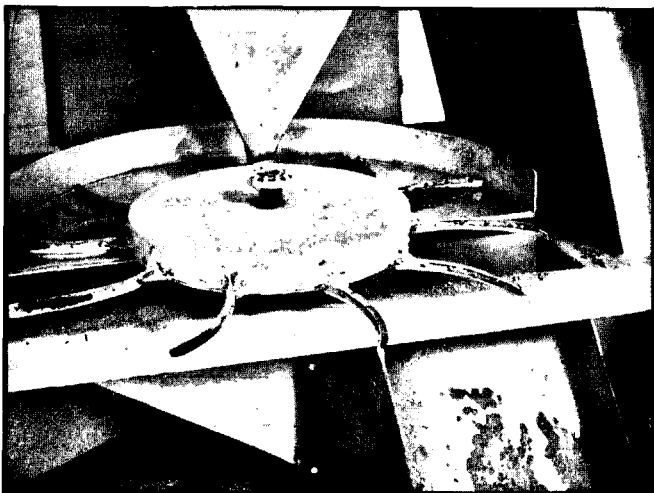


Photo 20 - Détail de la précédente

Nous avons vu fonctionner deux distributeurs de ce type, l'un de marque "Nielsen" à la station de Mactaquac (New Brunswick), l'autre à la pisciculture de Gaspé (Québec) étant de fabrication locale.

7.2.4. Distributeurs permanents

Un procédé ingénieux et peu coûteux a été mis au point à la pisciculture de Berlin (New Hampshire)

Les nourrisseurs construits en bois sont fixés à une extrémité des "race-ways", à l'endroit où le courant est le plus fort.

L'orifice de distribution est obturé par une pièce de bois maintenue à sa place par un ressort. Une roue à aubes tourne entraînée par le courant, et à chaque tour, un butoir repousse l'obturateur dégageant ainsi l'orifice pendant une fraction de seconde.

Les poissons reçoivent ainsi des granulés continuellement ; ils s'adaptent très vite et viennent chercher leur nourriture sous le "feeder". L'effet produit sur les Salvelinus fontinalis (saumon de fontaine) Salmo gairdnairi (truite arc-en-ciel) et Salmo trutta fario (truite fario) est excellent.

Le problème consiste à régler les appareils pour distribuer en une journée la nourriture nécessaire en évitant le gaspillage et l'accumulation sur le fond du bassin. La mise en route et l'arrêt se font manuellement grâce à un simple crochet qui peut immobiliser la roue à aubes.

7.2.5. Camions à soufflerie (photo 32)

Dans le cas de grands bassins à faible courant, il est nécessaire de répartir la nourriture sur une grande surface. Cette opération est réalisée à la pisciculture de Cowlitz (Wash) grâce à un camion muni

d'une soufflerie qui se déplace en bordure des bassins. Un tube oblique réglable permet d'orienter la distribution.

#### 7.2.6. Emission d'un signal sonore

Un dispositif permettant de rassembler les salmonidés pour la prise de nourriture a été étudié et mis au point au Collège de Pêcheries de l'Université de Seattle.

Les truites ou les parrs de saumon sont conditionnés à un stimulus sonore émis dans l'eau (150 Hz). Ce stimulus étant déclenché lors de chaque distribution de nourriture, les poissons prennent très vite l'habitude de se rassembler près de la source dans les secondes qui suivent le début de l'émission, ce qui permet une répartition de la nourriture plus équitable et limite le gaspillage.

Cette méthode trouve une application particulièrement intéressante pour les bassins d'élevage de grande taille.

### 8. METHODES DE CONTROLE DE LA PRODUCTION

Pour obtenir un maximum de rendement dans un élevage, il est indispensable de disposer de moyens de contrôle permettant de dénombrer oeufs et alevins.

#### 8.1. Contrôle des oeufs pendant l'incubation

##### 8.1.1. Comptage des oeufs

Les oeufs de chaque femelle peuvent être comptés juste après la fécondation ou après l'apparition du point oculaire.

##### 8.1.1.1. Méthode du déplacement (BURROWS, 1951)

Cette technique est fondée sur le principe des vases communicants. Un récipient est muni d'un tube de verre gradué permettant la lecture. On remplit le vase jusqu'à la graduation zéro, puis on dénombre 100 oeufs et on lit la dénivellation.

On plonge ensuite la totalité des oeufs d'une femelle dans l'appareil et on note la hauteur d'eau. Connaissant le volume occupé par 100 oeufs, il est possible d'extrapoler pour connaître le nombre total. Cette méthode bien que satisfaisante laisse une importante marge d'erreur.

##### 8.1.1.2. Plaque perforée

Le frai est délicatement réparti à la surface d'une plaque perforée, chaque oeuf se logeant dans un trou. La plaque est divisée en groupes de 25 trous, ce qui permet un comptage rapide.

##### 8.1.1.3. Compteur automatique (photo 22)

Il se compose d'un récipient en plexiglass recevant le frai, dans lequel tourne une roue perforée. Chaque trou se charge d'un oeuf au passage et le libère à la partie supérieure. On connaît le nombre de trous de la roue, et un compteur enregistre le nombre de tours ce qui permet de dénombrer les oeufs.

### 8.1.2. Tri des oeufs morts

Il est important d'empêcher les moisissures de se développer dans le milieu d'incubation; pour cela, de nombreux pisciculteurs préfèrent éliminer les oeufs morts. Plusieurs techniques sont couramment utilisées.

- Extraction des oeufs à l'aide d'une pince souple.
- Utilisation d'une pipette reliée à une poire.
- Technique du siphon (pipette reliée à une poire ou à un siphon).
- Flottabilité par le sel. Les oeufs sont plongés dans une solution saline titrée avec précision, les oeufs morts flottent en surface tandis que les autres tombent lentement sur le fond. Cette technique très ancienne est de moins en moins utilisée, mais conserve cependant quelques adeptes.

## 8.2. Contrôle des alevins

### 8.2.1. Comptage et pesée

Il est important de connaître le nombre de poissons d'un bassin ainsi que leur taille, de façon à pouvoir répartir la quantité de nourriture nécessaire. Là encore, plusieurs méthodes peuvent être utilisées :

- Pesée de l'ensemble des poissons d'un bassin.
- Comptage et pesée d'un échantillon et extrapolation au bassin entier.
- Mesure par déplacement (voir paragraphe précédent).
- Résistivité : on peut dénombrer les alevins par mesure de la résistivité au cours de leur passage dans un tuyau, la résistivité étant fonction du nombre. Pour que cette technique soit précise, il faut que les alevins soient de taille homogène, ce qui nécessite un tri préalable.

### 8.2.2. Tri des alevins

Un lot de poissons de pisciculture provenant de plusieurs croisements différents peut avoir une croissance inégale, et les produits d'une même femelle se développent souvent à des vitesses variables.

On a remarqué que, quand la différence de taille entre les parrs devient importante, le cannibalisme se développe. Si on laisse les poissons dans un bassin sans contrôle, les différences de tailles s'accroissent, car les éléments les plus gros ont un comportement dominant et prélèvent une part importante de la nourriture.

Pour ces raisons, il est nécessaire de procéder périodiquement à un tri des alevins de façon à garder une population homogène.

- Ce tri peut se faire grâce à un jeu de grilles à barreaux verticaux. On déplace ces grilles de façon à regrouper les parrs à une extrémité du bassin, l'écartement des barres verticales permet aux sujets inférieurs à une certaine taille de s'échapper.

- Un dispositif de tri par calibration ("Morton grader") est constitué de barres horizontales non parallèles dont l'écartement va en s'accroissant. Les alevins sont envoyés dans un

courant d'eau sur ce système de barres et tombent dans des rigoles dès que l'écartement devient suffisant. On peut ainsi en une seule manipulation séparer une population en plusieurs lots de tailles différentes.

Une installation de ce type est utilisée au "spawning channel" de Tehama-Colussa où les alevins doivent être comptés ensuite par résistivité.

## 9. TECHNIQUES DE LACHER ET DE TRANSPORT

### 9.1. Ouverture des bassins

Lorsque la pisciculture est située en bordure de la rivière qui doit êtreensemencée, la libération du lâcher est déterminée en fonction du moment où les smolts sauvages migrent dans la rivière.

Dans le cas des bassins à courant hélicoïdal (Mactaquac) une trappe coulissante, ménagée dans le flanc du bassin, permet de libérer les poissons.

Lorsque le comportement migratoire se manifeste, les smolts qui faisaient face au courant se mettent à nager en sens inverse et se laissent entraîner par la masse d'eau en mouvement. Ce comportement peut se déclencher en quelques heures pour toute la population du bassin. C'est le moment idéal pour effectuer le lâcher.

Dans certaines piscicultures de saumon atlantique la mortalité peut atteindre 30 % dans les jours qui suivent le déclenchement du comportement migratoire si les smolts sont maintenus en bassin.

### 9.2. Pompe à poissons (BEDELL, 1969)

Sur la côte pacifique un dispositif complexe et coûteux est parfois utilisé pour connaître la quantité de smolts relâchés : c'est la pompe à poissons. Les tacons sont rassemblés à l'extrémité d'un "raceway" et sont aspirés par un tuyau flexible qui les amène dans un récipient où leur volume est évalué par déplacement d'eau. Ils sont ensuite entraînés par une pompe dans une autre canalisation qui les déverse dans la rivière.

Une telle opération peut léser le poisson, déjà fragile à cette période du lâcher, mais les avis sont partagés.

### 9.3. Transport par camion (photo 21)

Si les poissons sont destinés à repeupler des rivières éloignées du centre de production, les smolts sont transportés par camion sur les lieux du lâcher. Ces camions portent généralement 3 compartiments remplis d'eau aux 2/3.

Des pompes assurent la réoxygénation et la circulation de l'eau pendant le transport. La filtration ne s'impose pas pour les trajets de courte durée, mais pour éviter la pollution de l'eau par les déjections des poissons, les smolts ne sont pas nourris pendant les 36 ou 48 heures qui précèdent le voyage.

Nous n'avons jamais vu utiliser d'anesthésique dans les opérations de transport des jeunes saumons.

Pour les longs trajets se faisant pendant l'été, l'eau est maintenue à une température convenable par addition de glace.

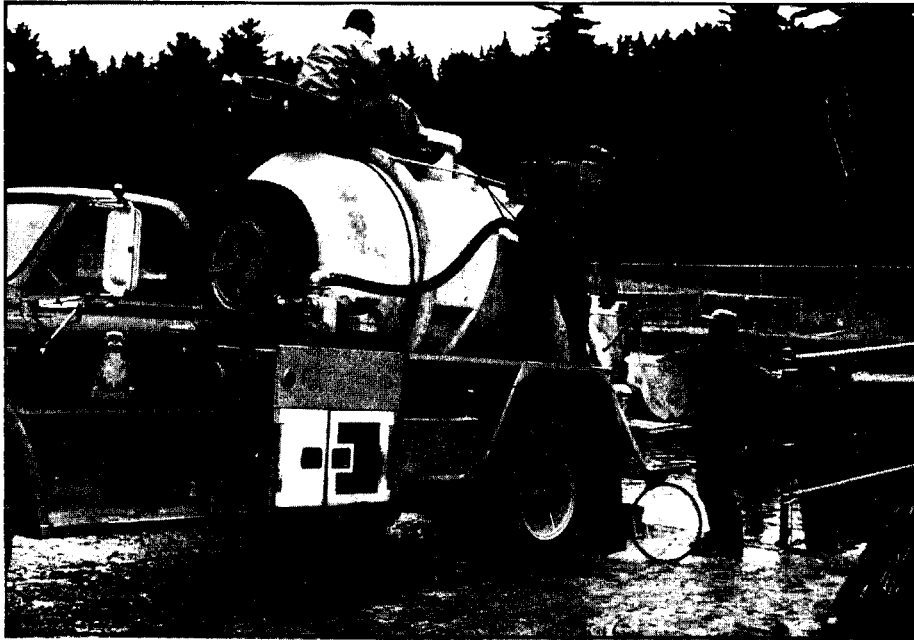


Photo 21 - Camion servant au transport des générateurs (Mactaquac)

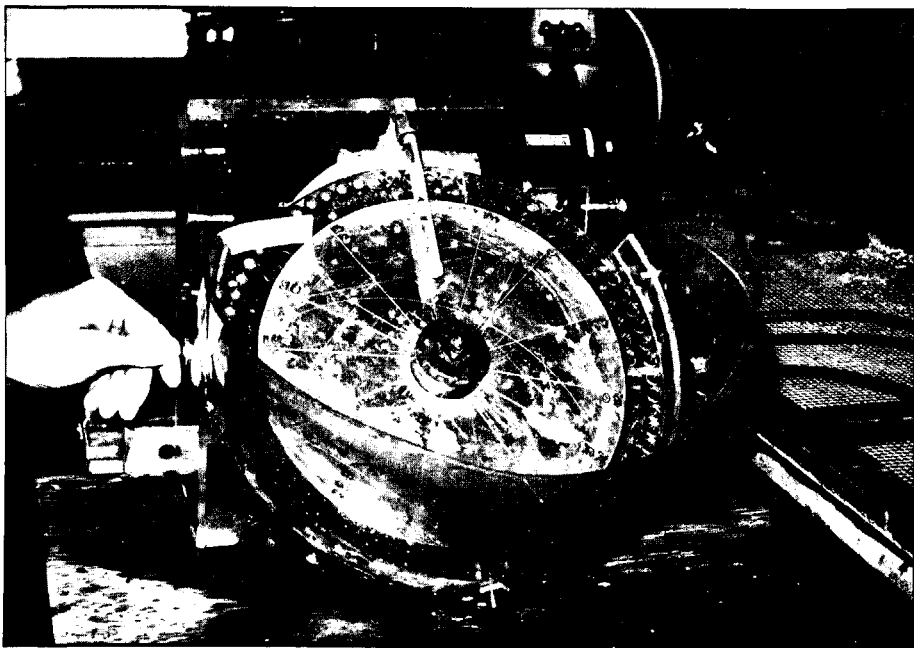


Photo 22 - Compteur d'œufs (Longview)

Au moment du lâcher, il faut éviter les grosses différences de température entre l'eau des compartiments et celle de la rivière.

Bien que couramment utilisé, le transport par camions est préjudiciable pour les poissons, particulièrement quand ceux-ci sont au stade smolt.

## 10. MARQUAGE DES POISSONS

Le marquage des poissons sur une grande échelle est indispensable pour évaluer le succès d'un plan de production artificielle des salmonidés migrateurs. Il faut déposer sur le smolt au moment du lâcher un signe qui permettra sa reconnaissance au moment de sa capture ou au retour de l'écloserie.

Une marque doit répondre à des exigences bien précises pour être efficace :

- Elle ne doit pas handicaper le poisson et le rendre plus vulnérable aux infections et aux prédateurs
- Elle doit être aisément reconnaissable même par des gens non initiés.
- La pose doit être rapide et aisée.
- Il est essentiel que le type de marque permette une reconnaissance individuelle de chaque saumon pour certaines études.

De nombreuses études réalisées aux Etats-Unis et au Canada ont permis de mettre au point des techniques diverses qui s'appliquent d'ailleurs à des fins différentes. En définitive, il n'existe pas un type de marque universel, mais de nombreuses solutions dont chacune convient à un type de travail déterminé.

On peut être amené à marquer une population de saumons à court terme, pour retrouver des smolts en estuaire, pour trier et reconnaître les géniteurs ou effectuer des études de comportement, pour évaluer la mortalité causée par le passage dans les turbines des barrages hydroélectriques.

On peut aussi désirer déposer sur le smolt une marque permanente qui sera encore lisible après plusieurs années, soit sous la forme d'une marque étiquette numérotée qui permet une reconnaissance individuelle, soit sous la forme d'une mutilation qui permet la reconnaissance de groupes de smolts.

### 10.1. Marques étiquettes à fixer sur le poisson

#### 10.1.1. Marque de type Carlin

Cette étiquette fut mise au point en Suède pour le marquage de saumon atlantique. Elle a été largement répandue dans tous les pays producteurs et souvent modifiée par les utilisateurs.

Elle comportait à l'origine une plaque de vinyl portant l'inscription, reliée à un fil métallique, sa mise en place s'effectuant grâce à deux aiguilles creuses qui traversent le muscle dorsal. Lors du retrait, ces aiguilles entraînent le fil à travers le muscle et une torsion des extrémités fixe définitivement l'ensemble.

Des études ultérieures ont permis de montrer que cette solution pouvait être améliorée par le remplacement des fils métalliques qui occasionnent souvent la déchirure ou l'érosion des flancs du smolt quelque temps après le lâcher. Les marques actuelles sont constituées d'étiquettes en équilibre hydrostatique de taille variable attachées par un fil de suture en nylon.

Cette dernière version de la marque Carlin est considérée actuellement comme le plus acceptable des moyens de marquage facilement observables. Sa pose est assez rapide, traumatise relativement peu le poisson, et la marque peut rester en place pendant de nombreuses années malgré la croissance. Cependant, elle constitue un certain handicap pour le smolt et a tendance à attirer les prédateurs.

#### 10.1.2. Marques plastiques avec ancrage

Plusieurs sortes de marques en vinyl sont actuellement fabriquées par la firme américaine "Floy Tag Manufacturing Company" à Seattle.

Au contraire des marques étiquettes de type Carlin, cette marque tient sans fils. Elle est faite d'une seule pièce de plastique souple terminée à une extrémité par un T ou ardillon servant à l'ancrage dans les tissus.

Elles sont mises en place grâce à un applicateur qui reçoit des cartouches de 25 à 100 étiquettes. On introduit en arrière de la nageoire dorsale du poisson anesthésié l'aiguille de l'applicateur jusqu'à ce qu'elle arrive derrière les arcs dorsaux côté opposé. On injecte alors la marque dont le T sera retenu par les arcs dorsaux, elle fait un angle de 45° par rapport au poisson et a tendance à prendre une position parallèle au cours de la nage (DELL, 1968).

Deux types sont fabriqués actuellement en diverses tailles et 11 coloris : la "dart tag" et la "spaghetti tag". Le prix de revient de 1 000 étiquettes de ce type portant une légende est environ 650 F, l'applicateur est facturé à 130 F.

Les avis des utilisateurs sont partagés ; cette marque semble avoir donné certains résultats intéressants sur les Oncorhynchus mais est généralement critiquée et peu utilisée sur la côte atlantique. L'implantation de l'ardillon semble créer une blessure relativement importante par rapport à un simple fil de rupture.

#### 10.1.3. Disques de Petersen

Des disques de plastique de couleurs variables, reliés par un fil de nylon, peuvent être fixés sur les flancs de poissons de façon à permettre une reconnaissance rapide de certains groupes d'âge. On les utilise pour des populations qui grandissent peu pendant la période de surveillance, en particulier pour reconnaître certains groupes de géniteurs dans un bassin de maturation.

#### 10.1.4. Agrafes et marques maxillaires

Les agrafes maxillaires sont de moins en moins utilisées en Amérique, car on considère qu'elles gênent considérablement le poisson dans son alimentation, et perturbent ainsi la croissance. Elles peuvent néanmoins servir pour des expériences de courte durée.

#### 10.1.5. Marques soniques (sonic tag). (NOVOTNY et ESTERBERG, 1962)

Ces marques, d'un prix élevé, sont utilisées uniquement pour des opérations de recherche : pour suivre individuellement les évolutions de géniteurs lors de leur migration de reproduction, dans les rivières, les lacs de retenue des barrages, ou en aval d'un obstacle. Elles permettent en particulier de déterminer le comportement des saumons devant l'entrée d'une passe, et éventuellement d'apporter à cette dernière des modifications susceptibles d'améliorer son rendement.

## 10. 2. Mutilation, ablations de nageoires. "fin clipping" (HORAK, 1969-SAUNDERS, 1967)

C'est une autre façon de reconnaître les poissons, peu coûteuse, rapide à pratiquer et en apparence peu préjudiciable pour les saumons si on prend certaines précautions. Cette méthode comporte cependant un inconvénient important : elle ne permet d'identifier que des groupes de poissons.

Une excellente marque, sans doute la moins traumatisante est obtenue par l'ablation totale de la petite nageoire adipeuse caractérisant tous les représentants du groupe des salmonidés. Cette nageoire ne joue aucun rôle dans la locomotion ou la stabilisation et elle ne régénère jamais.

Sa reconnaissance est aisée, mais nécessite une campagne d'information, comme d'ailleurs toutes les ablations.

L'ablation des nageoires pectorales et pelviennes d'un côté ou des deux à la fois s'est montrée beaucoup plus préjudiciable pour le saumon, les pourcentages de retour diminuant généralement dans des proportions notables. Ces nageoires, principalement les pectorales, jouent un rôle de stabilisateur et permettent au saumon de freiner son mouvement.

Une fois privé d'une de ses nageoires, le smolt est déséquilibré et perd de sa mobilité, ce qui constitue un handicap sérieux dans sa défense contre les prédateurs.

Des essais d'ablation partielle de la nageoire caudale ont donné des résultats catastrophiques et sont définitivement abandonnés.

Depuis quelques années, le marquage par ablation s'est porté surtout sur les nageoires impaires, car les traces se sont avérées peu gênantes pour les saumons et relativement faciles à identifier.

L'ablation de la moitié postérieure de la nageoire dorsale et de l'annale a donné d'excellents résultats ; même en cas de régénération partielle la marque reste bien visible.

Enfin un dernier type d'ablation est très utilisé depuis quelques années, il s'agit de celle des os maxillaires droit ou gauche. On prélève à l'aide de pinces coupantes la partie postérieure de l'os maxillaire, la trace est encore très visible quand le géniteur revient dans sa rivière natale, malgré quelques cas de régénération.

Sur la côte pacifique, le "fin clipping" a progressivement supplanté les marques étiquettes qui ne sont presque plus utilisées.

### Avantages et inconvénients de ces ablations

- Elles sont peu coûteuses.
- Elles sont rapides à pratiquer : l'ablation d'une nageoire permet un rendement de 500 à 600 poissons à l'heure par personne, l'ablation de deux nageoires réduit la rapidité à 400-500 par heure.
- Certaines de ces marques sont réellement peu nuisibles pour le poisson.
- Elles sont à peu près permanentes et restent visibles même en cas de régénération partielle.
- Cependant, le nombre de combinaisons est limité, et ne permet l'identification que de groupe de poissons ce qui est toutefois suffisant pour déterminer l'écloserie d'origine, et même les classes d'âge.



- Un des inconvénients majeurs de ces techniques réside dans la difficulté d'être averti des captures. Il faut effectuer une importante campagne d'information pour recueillir des résultats.

### 10. 3. Traces extérieures

#### 10. 3. 1. Marquage au chaud ou au froid ("Heat et cold branding")

Depuis quelques années, de nombreux chercheurs se sont penchés sur le problème des marquages au fer chaud puis froid. Cette technique est maintenant au point et permet de marquer rapidement et à peu de frais de grosses quantités de smolts pour une courte période (inférieure à un an).

L'application d'une pièce métallique modérément chauffée ou très refroidie sur les flancs d'un salmonidé détruit les cellules pigmentaires de la peau ou chromatophores, provoquant un épanchement de pigment sous l'épiderme. Cette pigmentation sombre s'atténue rapidement et la marque devient progressivement plus claire que son entourage.

Au cours de la croissance du poisson, la marque se déforme, mais reste visible. La trace est encore souvent reconnaissable après plusieurs années, par des personnes averties (FUSIHARA et NAKATANI, 1967).

Le fer à marquer peut être préparé de différentes façons :

- On peut chauffer plusieurs instruments dans un récipient contenant de l'eau à ébullition. Après application, chaque fer doit être remis à chauffer et nettoyé du mucus qui s'est déposé.

- On peut également plonger plusieurs fers dans des mélanges cryogéniques (glace pilée et éthanol, acétonne et glace pilée) (GROVES et NOVOTNY, 1965).

- Enfin une nouvelle technique a été mise au point au laboratoire du "Bureau of Commercial Fisheries" à Seattle. Le réfrigérant utilisé dans ce cas est de l'azote liquide à - 196° C . Le marquage se pratique cette fois par application du smolt sur un fer fixe refroidi en permanence.

L'appareil comprend un réservoir taillé manuellement dans un cube de mousse de polyuréthane rigide. La cavité circulaire mesure 8 à 9 cm de diamètre. La tige métallique de l'outil plonge en permanence dans l'azote liquide et la lettre est toujours à la température désirée.

L'application se fait pendant 0,5 à 3 secondes selon l'intensité de la marque voulue — au dessous de la ligne latérale en avant de la nageoire dorsale. Un contact de 3 secondes avec le métal froid s'est avéré absolument inoffensif pour le poisson (MIGHELL, 1969).

La vitesse de marquage varie selon la taille du smolt et l'entraînement du manipulateur de 450 à 650 saumons à l'heure. L'appareil permet de marquer environ pendant 2 heures avec 350 ml d'azote liquide (moins de 2 F). Un deuxième outil peut être monté en opposition sur l'appareil et permet de doubler le rendement du système. La combinaison de lettres et de chiffres permet d'obtenir de nombreuses possibilités de marquage.

Le faible coût de l'opération, la facilité d'application et la très faible perturbation du poisson rendent cette technique très intéressante pour des marquages massifs devant durer peu de temps. Des travaux en cours ont pour but d'accroître la durée de la trace. Actuellement, une application de 3 secondes reste visible environ 12 mois, et une faible iridescence persiste après

plusieurs années.

### 10.3.2. Marquage au Laser

Le laser est utilisé pour marquer des animaux en zootechnie, et des travaux en cours étudient son utilisation sur les salmonidés. Il s'agit de détruire sélectivement la couche de chromatophores sans léser les tissus environnants.

Cette technique coûteuse n'est encore qu'au stade expérimental.

### 10.3.3. Tatouages

Ces tatouages s'effectuent par implantation de grains de pigment fluorescent, facilement visible sous une lampe à ultra-violet, dans le derme des saumons.

Cette technique donne de bons résultats pour les études de migration d'avalaison, ou de mortalité lors du passage dans les turbines des barrages. La mise en place du pigment peut se faire selon deux techniques : par pulvérisation ou par injection.

#### 10.3.3.1. Pulvérisation (MONAN, 1966)

On maintient les poissons entre deux nappes de filet et on pulvérise sur toute la surface des granules de polystyrène fluorescent grâce à un revolver à air comprimé. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des grains de pigment de 250 à 177 microns appliqués sous la pression de  $7 \text{ kg/cm}^2$ . Des pressions supérieures augmentent la mortalité et risquent de créer des lésions, notamment à l'oeil de l'animal.

Le pigment est administré sous forme d'une suspension dans une résine de mélanine sulfonamide formaldéhyde utilisée couramment en industrie textile.

On peut dans de bonnes conditions obtenir une rétention de 100 % pendant une période de 6 mois. Des expériences comparatives ont montré que ce marquage par pigment fluorescent n'est pas toxique pour le poisson et perturbe moins la croissance que certaines ablations comme celle des nageoires pelviennes ou pectorales.

Une équipe de 4 hommes peut marquer 33 000 smolts par heure avec le matériel adéquat. Le prix de revient (équipement, travail) est de 16,00 F pour 1 000 poissons contre 25 à 40,00 F pour des ablations de nageoires.

#### 10.3.3.2. Injections :

Cette technique demande un peu plus de temps, mais se montre tout aussi satisfaisante que la précédente. Elle nécessite un appareil avec un support recevant plusieurs courtes aiguilles creuses interchangeables pouvant créer des motifs différents (cercle, triangle, croix, etc...).

On applique le flanc du poisson à marquer contre ces aiguilles et on déclenche l'injection d'une faible quantité de pigment par pression sur une pédale. En jouant sur la forme du motif et sur quatre couleurs de base, on obtient un certain nombre de combinaisons.

Ces tatouages sont efficaces pour de courtes périodes (inférieures à 6 mois) et ne permettent la reconnaissance que de groupes de poissons.

#### 10. 4. Marques internes

Le fait de poser une marque-étiquette externe sur un poisson d'une dizaine de centimètres pose un certain nombre de problèmes :

- des marques s'appliquant parfaitement à un poisson jeune peuvent ne plus être satisfaisantes quand le saumon atteint un mètre, et, inversement, il arrive d'affubler un smolt d'une étiquette beaucoup trop encombrante vu sa taille et d'augmenter ainsi la mortalité.

Pour cette raison, les Suédois ont été amenés à une certaine époque à adopter des marques internes utilisées aux Etats-Unis pour des marquages de harengs, maquereaux, sardines, flétans.

La marque métallique est glissée dans la cavité abdominale du poisson par une fente pratiquée en arrière de la nageoire pectorale et se fixe le long de la paroi musculaire droite, contre les caeca pyloriques.

La reconnaissance individuelle des saumons se fait sur les lieux de capture importante soit grâce à un appareil à rayons X, soit grâce à un détecteur électromagnétique.

La marque interne semble peu préjudiciable pour le poisson, mais la difficulté de son identification constitue un inconvénient important.

#### 10. 5. Marquage à la Tétracycline

Vers 1960, on a mis en évidence la toxicité d'une drogue utilisée jusqu'alors en pisciculture : la tétracycline. On a remarqué qu'après absorption de la drogue, une fluorescence jaune et détectable en lumière ultra-violette se développe dans les tissus. Cette fluorescence diminue rapidement mais reste localisée dans le tissu osseux. On a alors pensé à utiliser cette caractéristique physiologique pour reconnaître des stocks de saumons, particulièrement chez les espèces qui meurent après le frai.

L'ingestion de tétracycline, d'oxytétracycline, ou de chlortétracycline mélangée à la nourriture s'est avérée beaucoup plus efficace que l'injection ou l'immersion dans une solution du produit.

Des doses définies, mélangées à la nourriture pendant plusieurs jours provoquent un dépôt net dans les os (côtes, mâchoires, dents, vertèbres) dans les zones où l'ossification est active. La tétracycline forme en effet un complexe stable avec le calcium nouvellement déposé, bientôt recouvert par d'autres couches de calcium. Ceci se traduit à la lecture sous UV par un anneau jaune fluorescent.

L'observation se fait électivement sur certains os et particulièrement sur les vertèbres caudales des Oncorhynchus. On prélève une partie de l'axe vertébral à l'emporte pièce ; l'os est dégagé des muscles par un séjour dans l'eau bouillante et une digestion dans une solution de trypsine à 2 % .

La dose optimale de traitement a été fixée à 4 ou 5 jours. Eventuellement, on peut traiter le poisson 2 ou 3 fois de façon à déterminer plusieurs cercles concentriques et séparer ainsi plusieurs groupes de saumons (WEBER et RIDGEWAY, 1962).

Un des avantages de cette méthode réside en la facilité de l'administration de la drogue : la pose de la marque ne demande en effet aucune manipulation des poissons. En quelques

jours, on peut marquer plusieurs millions de smolts. Cette technique est en outre très peu onéreuse : la tétracycline devant être mélangée à la nourriture dans la proportion de 4 à 500 mg par kilo.

En revanche, elle présente plusieurs inconvénients d'importance :

- Son utilisation implique la mort de l'animal.
- La marque est invisible extérieurement et nécessite un examen au microscope par des techniciens entraînés.
- Le prélèvement et la préparation des os demandent un long travail.

## 11. TRAITEMENT DES POISSONS

Deux aspects différents de ce problème capital sont à considérer :

- la prophylaxie.
- le traitement curatif;

### 11.1. Prophylaxie

Les infections parasitaires, bactériennes et virales sont parmi les plus grands dangers qui menacent un élevage de smolts. Une épidémie a tôt fait de réduire à néant les efforts de plusieurs années si elle n'est pas dépistée à temps. Afin d'éviter de telles catastrophes, il faut maintenir la station dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

La propreté des bassins est un facteur primordial, et il faut éviter que les débris et la nourriture non absorbée s'accumulent dans la zone d'élevage. Dans le cas des "raceways" un nettoyage fréquent est indispensable. Pour cette raison, les bassins auto-nettoyants dits "self-cleaning" représentent un progrès énorme.

Dans la mesure du possible, le ciment des bassins doit être recouvert d'une couche plastifiée ou d'une couche de peinture "anti-fouling" empêchant la prolifération des diatomées supports de bactéries. D'autre part une paroi lisse diminue les risques d'érosion des flans et des nageoires.

L'enlèvement systématique des poissons morts est indispensable.

Une infection peut ne pas survenir de manière spectaculaire et seule une surveillance attentive permet de déceler les premières attaques du mal. Ce contrôle implique certaines mesures :

- Enregistrement journalier de la mortalité dans chaque bassin,
- Désinfection préventive : elle doit être effectuée chaque semaine ou tous les 15 jours. Dans ce but, deux solutions antiseptiques sont couramment utilisées.

. Le vert malachite empêche le développement des Saprolegnia ou champignons parasites sur les oeufs. On l'utilise à une concentration de 1/500 000.

. La formaldehyde est utilisée après l'éclosion des oeufs comme traitement préventif, à la concentration de 1/4 000.

- Un contrôle systématique des bactéries et des virus doit être effectué périodiquement par un microbiologiste. On sacrifie un certain nombre de sujets et on procède à un examen attentif et à des essais de culture.

- Un contrôle scrupuleux de l'état et de la qualité de la nourriture utilisée. Le foie de boeuf peut à ce sujet présenter quelques dangers s'il n'est pas maintenu dans un état de fraîcheur suffisant, car cette denrée particulièrement périssable peut devenir un vecteur d'infection.

Une nourriture altérée peut créer des carences graves chez les alevins ; le rancissement des graisses et l'oxydation des vitamines peuvent rendre les granulés totalement impropres à la consommation. Les carences alimentaires affaiblissent les poissons, occasionnent les lésions et créent un terrain favorable au développement des épidémies.

## 11. 2. Diverses maladies courantes, leur traitement

Nous avons dressé un tableau sommaire des principales maladies que nous avons pu rencontrer.

### 11. 2. 1. Saprolégniose, ou "mousse" ou "fungus"

Cette maladie est due à un champignon parasite du genre Saprolegnia qui a tendance à se développer sur les oeufs, les poissons morts ou blessés. Les nageoires érodées, les blessures ouvertes, les zones écorchées ou débarrassées de leurs écailles sont particulièrement propices à la prolifération des champignons.

Le contrôle de la maladie s'effectue par immersion dans un bain de vert malachite ou de formol.

A la suite des marquages par ablation de nageoires, il est conseillé de plonger les smolts pendant 10 secondes dans une solution de vert malachite à 1/19 000.

### 11. 2. 2. Nécrose des nageoires ou "fin-rot"

L'agent pathogène est une bactérie Gram négatif appartenant au groupe des Myxobacteria. L'infection est traitée par un bactéricide tel que le PMA ou la Hyamine 1622.

L'ampleur de cette maladie reste souvent limitée et il faut utiliser le traitement avec prudence car il pourrait affecter les poissons sains. Cette infection se manifeste aussi bien chez le saumon atlantique que sur les Oncorhynchus.

### 11. 2. 3. Maladie bactérienne du rein ou "Kidney disease"

Durant plusieurs années, cette maladie a causé des ravages parmi les alevins nouvellement éclos, sur les deux côtes. Elle est causée par une bactérie du genre Corynebacterium, son développement est souvent induit par l'utilisation de nourritures infectées.

L'agent pathogène se répand par le sang et se localise en divers endroits notamment au niveau du rein.

Des températures supérieures à 12° C sont favorables à la progression de l'infection. L'apparition dans un élevage est signalée par une élévation de la mortalité lors du réchauffement des eaux au printemps.

On traite les poissons malades par l'adjonction de sulfamérazine à la nourriture.

#### 11.2.4. Furonculose

Causée par Aeromonas salmonicida, cette furunculose peut affecter de nombreuses espèces d'animaux aquatiques. Par ses effets, le microorganisme diminue les défenses naturelles des poissons contre les infections ce qui provoque généralement une septicémie.

Le traitement se fait par adjonction de Terramycine (TM 50) ou de Sulfamérazine à la nourriture pendant une période de 10 jours.

#### 11.2.5 Tuberculose du saumon

Observée chez les saumons du Pacifique vers les années 50, la maladie a pour agent un germe du groupe des Myxobactériacées. Elle a connu une grande extension à une époque où l'utilisation de carcasses de saumon non stérilisées était généralisée. Aujourd'hui avec la mise au point de nourritures appropriées, elle a presque entièrement disparu. Aucun traitement ne s'est avéré satisfaisant.

#### 11.2.6. Maladie des vibrions (Vibrio disease)

Elle se manifeste par une septicémie hémorragique chez les poissons vivant en eau salée, et peut produire une mortalité importante chez les smolts de descente dès l'arrivée en estuaire. Elle peut éventuellement survenir dans un élevage de truites nourries avec du poisson de mer.

Le Vibrio se développe dans les lésions à des températures supérieures à 10° C. Pour limiter les risques d'infection, il faut éviter les manipulations pendant certaines périodes critiques de l'année (fin du printemps et été) et maintenir le taux d'oxygène dissous proche de la saturation.

Traitement par la Terramycine ou la Sulfamérazine.

11.2.7. Parmi les autres maladies bactériennes pouvant être rencontrées, nous citerons pour mémoire :

- La maladie des branchies (Gill disease).
- Le Columnaris causé par Chondrococcus columnaris.
- La maladie des eaux froides causée par Cytophaga psychrophila.
- La septicémie hémorragique bactérienne produite par Pseudomonas ou Aeromonas.

#### 11.2.8. Maladies virales

Elles étaient encore très mal connues il y a quelques années ; actuellement, plusieurs laboratoires entreprennent des recherches sur ce sujet. Nous ne citerons que quelques exemples parmi les plus répandus.

##### 11.2.8.1. Nécrose Pancréatique infectieuse (IPN)

Elle a été observée sur le saumon atlantique, sur Salvelinus fontinalis (saumon de fontaine) et sur la truite arc-en-ciel. Le virus agit principalement en désorganisant le tissu pancréatique. Le traitement n'est pas connu.

#### 11.2.8.2. Nécrose infectieuse des tissus hématopoïétiques (IHN)

Cette maladie virale découverte en Colombie britannique affecte la truite arc-en-ciel et le saumon Sockeye.

L'agent est un virus à acide ribo-nucléique proche de celui de la rage, très sensible à la chaleur. Il perd toute activité en quelques heures à la température de 32° C, et l'adjonction au milieu de cations divalents accentue encore sa sensibilité. Les saumons Coho et Chinook semblent résistants à l'infection.

##### Traitement :

Les poissons sont exposés à une température de 18° C pendant 5 jours ce qui provoque une disparition du virus mais n'immunise pas contre une attaque ultérieure.

Au laboratoire de Cultus Lake (Canada), la mortalité a ainsi été réduite à 10% parmi les saumons traités alors que le lot témoin était détruit à 100%. En 1967, la mortalité globale s'élevait à 90%, elle n'était plus que de 30% en 1968.

##### Contrôle de la transmission :

Alors que la transmission des germes à l'intérieur des tissus de l'oeuf n'a pas été mise en évidence, on a constaté qu'ils pouvaient être véhiculés à la surface des oeufs. Afin de neutraliser cette source d'infection, un produit a été mis au point, la Wescodyne (AMEND, comm.)

C'est un complexe d'iode organique, qui élimine toute trace de virus à la surface des oeufs, quand on plonge ceux-ci dans un bain à 1/600 (25 ppm d'iode libre) pendant 5 minutes. La toxicité est nulle à cette concentration et on peut traiter environ 500 000 oeufs dans un seul bain.

A la concentration de 1/600, ce traitement ne débarrasse pas les oeufs des spores de champignons parasites ni des bactéries, mais des études sont en cours qui permettront sans doute d'accroître la concentration tolérée par les oeufs en ajustant le pH.

##### Composition de la Wescodyne :

- Complexe d'iodure de polyethoxy éthanol : 9,10 %
- Complexe d'iodure de nanyl-phenoxy-polyethanyl : 8,74 %
- Ingrédients inertes : 92,16 %

#### 11.2.9. Maladies parasitaires

Les affections parasitaires sont fréquentes dans les piscicultures à salmonidés ;  
— nous ne citerons que quelques-unes des principales maladies rencontrées.

##### 11.2.9.1. Costiase

C'est l'un des parasites les plus dangereux pour les élevages. Il s'agit d'un protozoaire flagellé Costia necatrix qui affecte tous les salmonidés en eau douce. Les très jeunes alevins sont plus vulnérables que les individus adultes. L'infection, externe, porte sur les branchies et la surface du corps. On peut éliminer ce parasite par un bain de formol à 1/600 pendant une heure.

#### 11.2.9.2. Ichthyophthirius

Cette maladie, causée par Ichthyophthirius multifiliis (protozoaire cilié), a été observée chez certains Oncorhynchus (Coho, Sockeye et Chinook). L'infection superficielle se manifeste sur les branchies et le corps.

Traitement au formol comme précédemment.

#### 11.2.9.3. Myxosporidies

La plus dangereuse est Cerastomyxa shasta ; on connaît peu de choses sur son cycle.

11.2.9.4. Nous citerons pour mémoire d'autres parasites rencontrés :

- Epistylis (cilié)
- Scyphydia (cilié)
- Hexamita salmonis

### 11.3. Maladies dues à l'environnement physico-chimique

#### ° 11.3.1. Maladie de la tache blanche

Cette maladie se manifeste par l'apparition d'une tache blanche sur la vésicule des jeunes alevins, près du coeur. L'alevin s'affaiblit, s'immobilise sur le fond et meurt le plus souvent.

On a d'abord pensé que cette affection résultait de mauvais traitements chimiques ou mécaniques (excès de vert malachite, manipulations, manque d'oxygène, etc...).

En fait il s'avère que ce trouble est causé par une carence de l'eau en calcium. L'addition de chlorure de calcium dans le milieu réduit la mortalité à un taux normal.

#### 11.3.2. Embolie gazeuse (Gaz Bubble Disease)

Cette maladie se rapproche beaucoup des troubles observés chez les plongeurs sous-marins victimes d'accidents de décompression.

Les causes de ce phénomène pathologique ont été envisagées (paragraphe II, 225). L'azote dissous absorbé par le poisson dans une eau à sursaturation se dégage sous forme de bulles gazeuses dans les vaisseaux, la cavité abdominale et sous la peau, lorsque la pression diminue.

Les alevins ont tendance à nager en surface en s'efforçant en vain de gagner le fond. Gonflés d'air, ils viennent mourir à la surface.

Sur la Snake river (affluent de la Columbia), la sursaturation en azote de l'eau, en aval de trois barrages, a causé la mort d'une importante quantité de poissons (principalement des Steelhead) correspondant à une somme de \$ 936 000 en 1970. A la base des barrages, une analyse a permis de déceler une concentration en azote dissous de 139 % alors qu'il suffit de 116 % pour tuer des smolts.

A l'aval du barrage de Ice Harbour sur la Columbia, les biologistes ont observé que 30 % des migrants présentaient des bulles gazeuses au niveau des vaisseaux.

Cet important problème est résolu en pisciculture par l'utilisation d'un dégazeur, et on envisage d'équiper tous les barrages de grilles permettant de capturer les smolts avant leur passage au niveau des turbines ; ils seraient alors transportés en aval du barrage en un endroit où la concentration en azote est redevenue normale.



11.3.3. Action du D. D. T.

Les biologistes du "Fishery Research Board of Canada" ont montré les dégâts causés aux populations de saumons atlantiques par le DDT. Un lot de smolts exposé à une concentration de 0,05 ppm a présenté un taux de retour 3 fois plus réduit que celui du lot témoin.

## CHAPITRE III

### CHENAUX DE FRAI ET D'INCUBATION ("SPAWNING ET INCUBATION CHANNELS")

Pendant plus d'un demi-siècle, les biologistes se sont attachés à accroître la production des différentes espèces de saumons du Pacifique, en définissant les conditions qui permettent une meilleure fécondité des poissons.

Le faible rendement de la reproduction naturelle est une des causes de la disparition progressive des saumons dans de nombreuses rivières de la côte pacifique. Le flottage des bois détruit chaque année de plus en plus de frayères et la surface disponible pour la reproduction diminue d'année en année. La mortalité pendant l'incubation reste soumise à l'intervention de facteurs extérieurs : crues qui ravagent la frayère, oeufs remués par d'autres géniteurs, sédiments en suspension qui colmatent les interstices des graviers, prédation, etc.

Pour remédier à ce faible rendement naturel, des piscicultures ont été construites puis des chenaux de frai et d'incubation, véritables frayères artificielles, qui assurent un rendement excellent dans des conditions semi naturelles. Cette solution, moins coûteuse que celle des "écloseries" a été appliquée avec succès aux Etats-Unis et surtout au Canada.

Il existe deux types de chenaux, les chenaux de frai et les chenaux d'incubation. Dans les premiers, on se contente de diriger les géniteurs à la remontée vers la frayère artificielle où ils trouvent une importante surface propice à la ponte : ils se répartissent dans le chenal et se comportent comme sur une frayère naturelle. Après le frai, on enlève les cadavres des géniteurs et on laisse les oeufs en incubation.

Dans les chenaux d'incubation, on capture les géniteurs et on prélève les oeufs pour assurer un taux de fécondation maximum. On "plante" ensuite les oeufs dans les graviers du chenal suivant des techniques expliquées plus loin.

Les chenaux de frai ou d'incubation conviennent particulièrement bien aux espèces dont les alevins dévalent à la mer dès l'émergence des graviers de la frayère : Pinks, Chums. Ils peuvent cependant être utilisés pour des espèces passant plus de temps en eau douce : fall Chinook et se sont même montrés très efficaces pour l'incubation des oeufs de Sockeye au Canada.

#### 1. CARACTERISTIQUES DES CHENAUX DE FRAI ET D'INCUBATION

Ce sont en général de simples tranchées de largeur variable, laissées à l'état naturel ou cimentées (rarement). Le fond est garni d'une épaisseur variable de galets calibrés qui offrent des conditions idéales pour l'incubation des oeufs en permettant une bonne circulation de l'eau.

##### 1.1. Pente des chenaux

La pente est calculée pour permettre une circulation rapide de l'eau sans porter préjudice aux oeufs. Généralement, les chenaux sont constitués de paliers successifs séparés par des marches. Ils peuvent atteindre plusieurs kilomètres de longueur.

## 1. 2. Alimentation en eau

Les chenaux d'incubation sont souvent situés en bordure d'une rivière dont les frayères sont devenues inutilisables. L'eau qui les alimente provient généralement de cette rivière, mais arrive parfois d'un réservoir naturel (lac) par gravité. Dans tous les cas, des dispositifs variés permettent de contrôler la qualité des eaux et d'éviter des phénomènes catastrophiques.

### 1. 2. 1. Réglage du débit

La montée brusque des eaux pendant l'hiver provoque souvent des hécatombes parmi les oeufs fraîchement pondus. Pour cette raison, les chenaux sont équipés de vannes permettant de régler la quantité d'eau qui rentre dans la zone d'incubation. Au cours des crues, l'eau excédentaire est évacuée par la rivière.

### 1. 2. 2. Décantation des eaux

Au cours de ces mêmes crues, l'eau se charge de boue et de sédiments en suspension, ce qui provoque l'envasement des frayères et la mort de nombreux oeufs. Pour y remédier les chenaux sont dotés de bassins de décantation qui débarrassent l'eau de ses particules en suspension (voir paragraphe II. 2. 2. 4. ).

### 1. 2. 3. Contrôle de la température

Les écarts de température pendant la période de ponte et d'incubation peuvent être à l'origine de mortalités importantes, et dans la mesure du possible, on doit conserver une température optimale.

Certains chenaux de frai alimentés par des lacs possèdent des installations simples qui permettent un réglage grossier de la température. L'eau est pompée dans le lac à deux ou trois profondeurs différentes ce qui permet un certain nombre de combinaisons. En fonction de la température extérieure, on prélève l'eau de la couche superficielle ou des couches inférieures, ce qui permet d'obtenir une température satisfaisante.

## 2. CHENAUX DE FRAI

Ils sont munis d'une station de comptage à leur entrée. Les poissons, détournés de la rivière par une barrière, pénètrent dans le chenal en franchissant une petite cascade. Ils passent alors devant la station de comptage qui peut être électronique ou manuelle. On laisse rentrer un certain nombre de géniteurs pour occuper la totalité de la surface disponible puis on laisse l'excédent remonter dans la rivière en enlevant les barrières.

Quand la période de ponte est terminée, des employés enlèvent les carcasses de géniteurs, les étudient pour enregistrer les marques éventuelles et leur sectionnent la queue lorsqu'ils ne sont pas encore morts, les empêchant ainsi, par leurs mouvements, de déterrer les oeufs fraîchement pondus.

Il reste alors à surveiller les conditions météorologiques et la qualité de l'eau jusqu'à l'éclosion et l'émergence. Lors de la migration d'avalaison, les alevins sont comptés, soit par résistivité (voir paragraphe II 821 et 822) soit en prélevant un échantillon que l'on étend par la suite à l'ensemble de la population. Ce comptage permet d'évaluer le degré de succès de l'incu-

bation, en fonction du nombre de femelles entrées dans le chenal.

Après la fin de la migration, le chenal peut être asséché pour nettoyage et destruction des algues, il sera remis en eau pour la saison suivante.

Dans le cas d'espèces passant plus de temps en rivière avant leur migration, il est intéressant de nourrir les alevins pendant un certain temps. Cette opération se fait généralement par des distributeurs à dispersion (paragraphe II. 721) posés sur des planches au milieu du chenal.

### 3. CHENAUX D'INCUBATION

Contrairement aux chenaux de frai, les chenaux d'incubation ne sont pas destinés à l'accouplement des géniteurs. Les oeufs recueillis après la capture des adultes sont mis en incubation suivant les méthodes classiques, après la fécondation artificielle. Ces oeufs sont ainsi conservés jusqu'au stade du point oculaire, à la suite duquel ils peuvent être manipulés sans trop de dommages. Ils sont ensuite transportés jusqu'au chenal d'incubation.

Là, un cylindre sans fond est enfoncé dans le lit de graviers, à plusieurs dizaines de centimètres de profondeur. Les graviers contenus dans le cylindre sont ensuite enlevés à la pelle de façon à former une sorte de puits.

Les oeufs sont déposés en couches successives alternant avec des lits de graviers replacés à la main, jusqu'à ce que le puits soit ainsi à nouveau rempli. Lorsque l'opération est terminée, le cylindre est enlevé et l'eau peut circuler librement à travers la masse de petits galets contenant le frai. Le reste du processus biologique se déroule comme dans les chenaux de frai.

SECONDE PARTIE

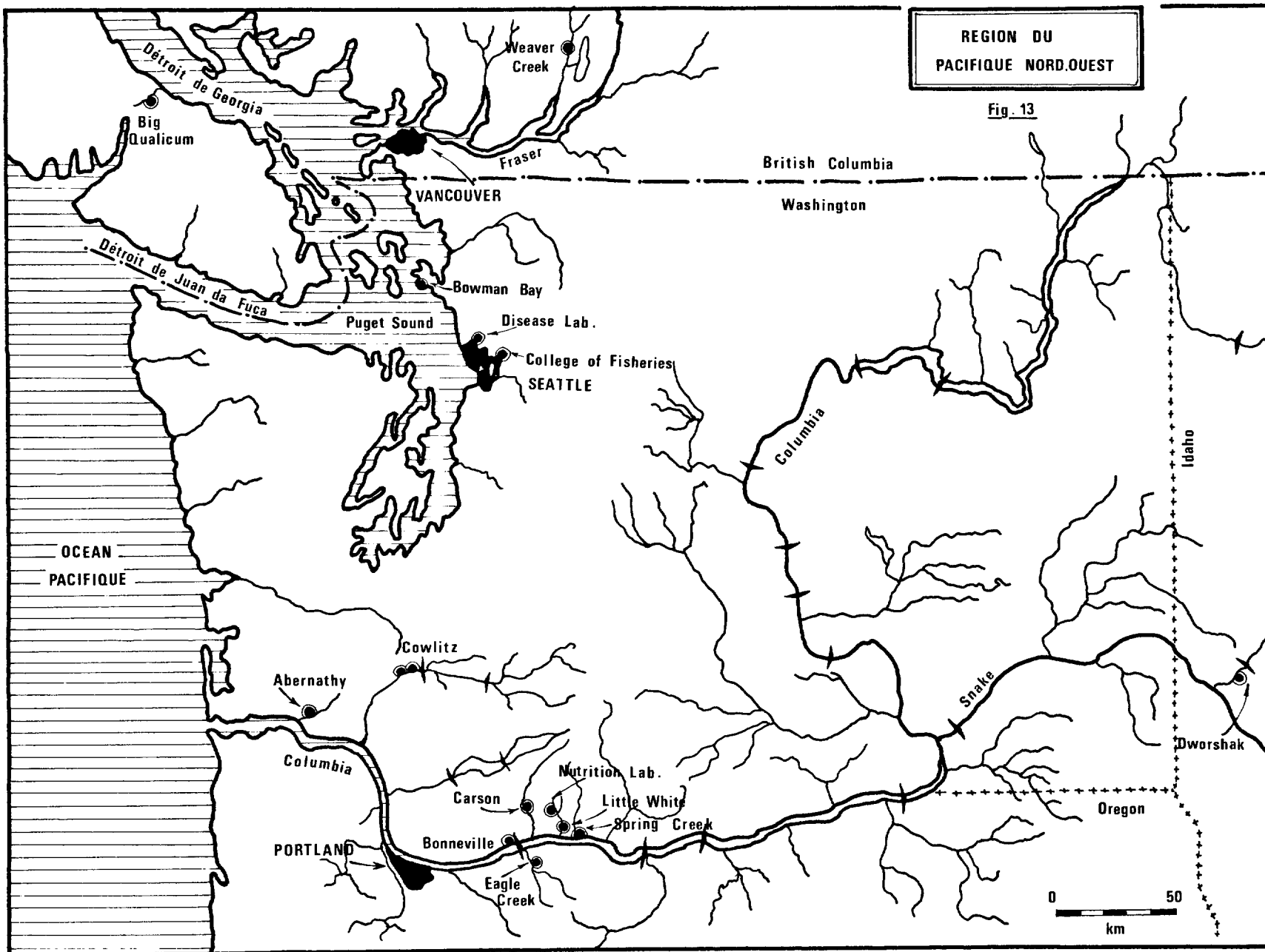
---

LES SAUMONS DU PACIFIQUE

---

REALISATIONS DE LA CÔTE PACIFIQUE

---



CHAPITRE I

LABORATOIRES DE RECHERCHE

Le succès de l'effort américain dans le développement des populations de saumons du Pacifique ne pouvait se concevoir par la seule intervention d'une technologie empirique. Des laboratoires se sont spécialisés dans les recherches relatives à tous les problèmes de la culture du saumon. Certains centres se sont orientés vers la détermination des exigences nutritives, d'autres vers la mise au point de toutes les techniques capables d'améliorer le rendement des opérations de production de smolts.

Les questions relatives aux maladies ont conduit à la création de laboratoires spécialisés et d'un système de contrôle sanitaire, sur le terrain, permanent et efficace.

Enfin tous les problèmes d'aménagement des rivières, de construction de passes à poissons sont étudiés en détail par la Division des Ingénieurs de l'armée. Un centre de recherches particulièrement bien équipé permet ainsi de réaliser sur les rivières des ouvrages bien adaptés et fonctionnels qui permettent aux saumons de progresser vers leurs aires de reproduction, malgré les nombreux barrages et obstacles divers.

1. WESTERN FISH NUTRITION LABORATORY - COOK (WASHINGTON) FISH AND WILDLIFE SERVICE

Ce laboratoire placé sous la direction de John HALVER est surtout orienté vers la détermination des besoins nutritifs des salmonidés. Construite sur les rives de la Little White salmon river, tout près de la pisciculture fédérale de Willard, cette station bénéficie des équipements les plus perfectionnés et les mieux conçus pour ce genre de recherches.

Une salle d'élevage est alimentée par de l'eau stérilisée en circuit ouvert à température constante (10° C).

Les études relatives aux besoins nutritifs s'effectuent à l'aide de la "Diet 8" (voir paragraphe II. 7.12). Les résultats obtenus depuis plusieurs années sont répertoriés dans la bibliographie.

Il faut aussi noter les intéressants travaux sur l'évolution de l'activité de l'ATPase au niveau des branchies des salmonidés amphibiotiques. L'élévation de cette activité pourrait être considérée comme le meilleur critère définissant l'état de smoltification (ZAUGG et MC LAIN, 1970).

BOWMAN BAY MARINE STATION - ANACORTES (WASHINGTON) FISH AND WILDLIFE SERVICE

Ce laboratoire est une dépendance maritime du Western Fish Nutrition Laboratory de Cook. Les objectifs de recherche sont relatifs aux problèmes de la nutrition des salmonidés en milieu marin. Cette station comporte des bassins expérimentaux alimentés en eau de mer par un

système de pompes situé à l'extrémité d'une passerelle s'avancant dans la baie. Un lac permet l'approvisionnement en eau douce et des prises à des profondeurs différentes permettent de contrôler partiellement la température.

Des résultats non encore publiés ont montré qu'avec le même apport nutritif, la croissance en eau salée est légèrement inférieure à ce qu'elle est en eau douce ; ce résultat est en accord avec ceux de ZAUG et Mc LAIN qui observent le même phénomène chez des poissons ayant reçu une alimentation où le taux de sel est élevé. La même observation a été faite sur Salmo salar par R. L. SAUNDERS au laboratoire de St Andrews (NB) (SAUNDERS et HENDERSON, 1969 ; HALVER, 1970).

Au laboratoire, on pratique couramment la "conversion" des jeunes saumons et des truites Steelhead et Arc-en-ciel à l'eau de mer. Les parrs sont placés dans des bassins d'eau douce dont on augmente progressivement la salinité. Au bout de 5 jours, ils résistent parfaitement à l'eau de mer pure. Si l'opération est effectuée dans de bonnes conditions de température, la mortalité est nulle ou négligeable. A la suite de ce séjour en eau salée, les salmonidés ont tendance à présenter des caractères morphologiques de smolts plus ou moins prononcés.

Des études relatives à l'excrétion sont également conduites à Bowman bay. En dehors de ses attributions de recherches, la station assure une formation accélérée aux Indiens Lummi chargés de promouvoir un programme d'aquaculture marine sur le territoire de leur réserve à "Lummi Island".

## LUMMI ISLAND

Cette presqu'île est située au Nord de l'état de Washington près de Bellingham. Elle est peuplée principalement de pêcheurs de saumon qui tendent actuellement à appliquer de nouveaux modes d'exploitation.

Un programme en cours de réalisation vise à effectuer en milieu marin un élevage mixte d'huîtres et de "super-truites" (Arc-en-ciel) sélectionnées par le Dr. DONALDSON, converties à l'eau salée. Un système de bassins alimentés par la marée a été conçu pour être construit à "Lummi bay".

## 2. SALMON CULTURAL LABORATORY, LONGVIEW (WASHINGTON) BUREAU OF SPORT FISHERIES AND WILDLIFE.

Autrefois situé à Entiat (Washington) beaucoup plus en amont sur la rivière Columbia, le Salmon Cultural Laboratory fut transporté à son emplacement actuel vers 1960, à cause de la prolifération des barrages hydroélectriques sur le fleuve. Il est maintenant situé sur un petit ruisseau : l'"Abernathy Creek" qui se jette dans la Columbia, 4 kilomètres en aval du laboratoire, à moins de 100 kilomètres de la mer.

L'Abernathy qui ne possédait aucun saumon Chinook dans ses eaux débite environ  $1 \text{ m}^3/\text{sec}$  lors des basses eaux d'été. Avec la venue du laboratoire, une population de Fall Chinook de 3 000 adultes environ s'est développée et se maintient dans la rivière. Ces gros saumons, bien qu'étant des poissons de rivière large et profonde (type Columbia) s'accommodent très bien de ce petit ruisseau et leur migration de reproduction y est très spectaculaire.



Le Centre expérimental de Longview comporte deux parties : une pisciculture conventionnelle de petite taille, et le laboratoire proprement dit. Depuis 10 ans, le Directeur Roger BURROWS et ses collaborateurs Bob COMBS, Laurie FOWLER, Jo ELLIOT et Joe BANKS se sont attachés à résoudre quelques uns des problèmes les plus importants posés par l'élevage des salmonidés migrants.

### 2.1. La pisciculture expérimentale

Cette écloserie bénéficie directement des techniques nouvelles mises au point au laboratoire et fournit un excellent terrain d'essai pour leur expérimentation sur le plan de la production de masse.

#### 2.1.1. Approvisionnement en eau

Une partie de l'écloserie peut être alimentée par l'eau de la rivière.

L'eau captée en amont de la station est filtrée, décantée, et débarrassée électriquement des larves de trématodes, nombreuses dans la rivière.

La station dispose en outre de trois puits artésiens dont deux fournissent une eau à température quasi constante pendant toute l'année : 10,5° C. L'eau provenant de ces puits est pompée jusqu'à un réservoir situé au sommet de la falaise qui domine la rivière, très encaissée à cet endroit. De là, elle est redistribuée par gravité, en fonction des besoins, après avoir été saturée en oxygène dissous dans une tour d'aération. L'eau de ces puits permet d'alimenter la salle d'incubation et la salle d'élevage expérimentale.

Depuis plusieurs années, un prototype d'élevage en circuit fermé ou "re-use system" est utilisé au Salmon Cultural Laboratory. Il permet à la hatchery de fonctionner uniquement avec l'eau fournie par les puits artésiens, ce qui supprime le besoin de stérilisation de l'eau.

L'eau passe sur les 3 éléments (20 m x 6 m) d'un filtre biologique qui la purifie de ses déchets ammoniacés (paragraphe II. 23). 5 % de l'eau est renouvelée en permanence pour compenser les pertes par évaporation et fuites diverses ; elle est amenée à la température désirée par passage dans un appareillage à air conditionné, ce qui permet de conserver à toute la masse d'eau de l'élevage une température idéale été comme hiver. Avant d'être recyclée dans les bassins l'eau est réoxygénée dans une tour d'aération.

#### 2.1.2. Capture des géniteurs

Une barrière électrifiée (paragraphe II. 313) arrête les adultes lors de leur remontée dans le ruisseau et les oriente vers l'entrée de l'échelle conduisant directement au bassin de maturation cimenté (30 m x 15 m x 2 m). Ils y pénètrent par un V qui ne permet le passage que dans un seul sens. L'eau alimente le bassin par un diffuseur placé au fond, ce qui évite aux adultes de se blesser en sautant contre une arrivée d'eau. Actuellement 2 000 adultes Chinook remontent dans ce bassin.

#### 2.1.3. Fécondation artificielle

Quand les premiers adultes atteignent leur maturité sexuelle, il devient nécessaire de les séparer des autres afin de procéder au "Spawning". Tous les deux jours, la totalité des poissons gardés dans le bassin est contrôlée manuellement pour séparer ceux qui sont mûrs des autres.

Les premiers sont placés dans un enclos et servent à la fécondation le jour suivant.

Les oeufs de toutes les femelles sont prélevés par éventration, mais seuls les oeufs des plus grosses sont mis en incubation sur place, les autres sont cédés à d'autres piscicultures. La sélection de ces gros géniteurs fournit la base d'un programme de sélection qui s'étendra sur plusieurs années.

Les oeufs de chaque femelle sont placés séparément dans un seau où ils sont fécondés par le mélange du sperme de 2 mâles (pour éviter les risques de non fécondation dus à un mâle stérile). Les caractéristiques de chaque géniteur sont soigneusement relevées : poids, taille, marques éventuelles, prélèvement d'écaillés etc.

#### 2.1.4. Incubation

Elle se fait dans des incubateurs verticaux où l'eau circule de haut en bas, alimentant au passage 15 tiroirs contenant les oeufs de 15 femelles. (paragraphe II. 5.1.1). Cette solution permet d'incuber une importante quantité d'oeufs sur une petite surface avec peu d'eau.

Dès l'apparition du point oculaire, les oeufs sont comptés automatiquement et les morts sont enlevés et dénombrés. Pour éviter l'apparition du "fungus" ou "mousse", un traitement au vert malachite est appliqué 3 fois par semaine.

A l'éclosion, les oeufs morts au stade "point oculaire" sont enlevés et comptés et on laisse les alevins dans ces incubateurs jusqu'au moment où ils sont prêts à s'alimenter.

#### 2.1.5. Elevage

Les jeunes alevins sont alors répartis dans les 6 bassins à courant rapide de type "Burrows" où ils reçoivent des granulés secs "Abernathy" distribués par des distributeurs automatiques. Ces bassins fonctionnent sur le "re-use system" mais peuvent être alimentés par la rivière.

L'écloserie de Longview produit deux espèces de saumons du Pacifique : des "Fall Chinook" et des "Coho". En 1970, la production de Coho a été abandonnée au profit du Chinook.

Un certain nombre d'alevins sont conservés dans le bâtiment de l'écloserie pour servir de matériel d'expérimentation pour les essais de nourriture. Ils sont élevés dans des bacs métalliques circulaires (1,80 m de diamètre) à évacuation centrale. Ces bacs sont équipés de petits distributeurs de nourriture artificielle.

Au mois d'avril, les jeunes Chinook âgés d'un peu plus de 4 mois atteignent leur taille migratoire et sont libérés directement dans la rivière. Un certain nombre sont marqués, principalement pour pouvoir établir des comparaisons entre régimes différents et conditions d'environnement. Le marquage se fait par ablation totale ou partielle d'une nageoire non essentielle, ou d'une partie de l'os maxillaire.

Les marques utilisées sont 1/2 dorsale, 1/2 annale, maxillaires droit et gauche, soit 16 combinaisons. Ces différentes marques se sont montrées très satisfaisantes et gênent très peu le poisson pendant son séjour marin.

La pisciculture fonctionne avec 4 employés, au cours de la période de marquage, on utilise temporairement 6 employés supplémentaires.

## 2.2. Le laboratoire, orientation des recherches, résultats

Une équipe de 5 chercheurs conduit un programme de recherche orienté vers deux points précis :

- Amélioration de la nourriture en granulés secs "Abernathy dry", adaptation aux truites steelhead.
- Techniques permettant de produire des poissons de haute qualité, ayant un taux de retour élevé ; contrôle permanent de la production.

### 2.2.1. Recherches sur la nutrition

Le laboratoire dispose d'un ensemble de machines permettant de fabriquer les granulés secs : mélangeur, "pelletizer", crible (II.7.1.4.3). Les diverses sortes de granulés sont ensuite testés sur des lots de jeunes chinook élevés dans les bacs circulaires décrits plus haut. Ces différents essais ont permis d'améliorer considérablement la qualité des granulés secs produits au laboratoire. La croissance des poissons est très satisfaisante (conversion proche de 1) et le prix de revient est près de 3 fois inférieur à celui de l'Ewos.

Le chimiste du laboratoire contrôle régulièrement la qualité et la conservation de la nourriture qui est fabriquée sous contrat par une firme industrielle.

Les recherches actuelles portent sur l'essai de l'abernathy sur des truites steelhead et doivent situer avec précision le taux de protéines qui donne la croissance la plus rapide. D'après les premiers résultats, il semblerait que les besoins soient très proches de ceux du Chinook et du Coho, avec peut-être un taux de protéines de poisson un peu plus élevé. Une expérience, conduite pendant mon séjour visait à remplacer la farine de hareng qui devient difficile à se procurer par une farine d'"anchoveta". Pendant les deux premiers mois, la croissance fut excellente, puis la mortalité se mit à monter et on pouvait voir l'apparition de nombreux troubles chez les steelhead. L'utilisation de la farine d'anchois a été abandonnée car elle contient des acides gras à taux de rancissement élevé, ce qui se traduit par une mauvaise conservation des granulés et une anémie grave des poissons.

### 2.2.2. Recherches sur la qualité du poisson produit

Après la mise au point des bassins rectangulaires de type Burrows, les efforts du laboratoire se sont portés sur l'élevage en circuit fermé, qui se généralise actuellement dans les piscicultures de la côte pacifique.

Les résultats obtenus par l'élevage en circuit fermé sont extrêmement spectaculaires comme le montrent les résultats ci-après : un lot de chinook fut élevé avec l'eau de la rivière, l'autre à température constante (12° C) en circuit fermé, tous les alevins furent relâchés à l'âge de 5 mois.

Les retours de fall chinook les années suivantes se sont donc montrés très supérieurs chez les poissons élevés en circuit fermé : 7,5 fois plus importants la première année, et 26,5 fois la deuxième.

Ces retours spectaculaires sont dus à l'extrême robustesse des alevins élevés en circuit fermé, cette robustesse est d'ailleurs mesurée au moment de la libération par un test de résistance au courant et par divers examens cytologiques et biochimiques (hématocrite,

Année	Nature de l'eau	Lacher			'Retour à l'âge de 2,3 ou 4 ans		
		Date	Nombre	Poids	Total	Pourcentage	Rapport
1966	"re-use" system	3/5/1967	199.997	13,5 g	180	0,090	7,5/1
1966	rivière	3/5/1967	197.387	4,6 g	24	0,012	
1967	"re-use" system	14/5/1968	200.404	17,5 g	1341	0,669	26,5/1
1967	rivière	14/5/1968	200.297	5,7 g	51	0,025	

Tableau 8 : Pourcentages de retour comparés des poissons élevés en eau de rivière et en circuit fermé (COMBS, comm.).

taux d'acide lactique après un effort, etc.)

Au cours de l'automne 1970, un nouveau prototype de "re-use system" encore plus efficace a été construit au laboratoire. La partie principale du filtre, cailloux concassés, y est remplacée par une couche intermédiaire artificielle faite de plaques de plastique disposées verticalement, où alternent les feuilles planes et les feuilles ondulées. Cette structure permet d'accroître dans des proportions assez considérables le rendement des filtres si on en croit les premiers résultats obtenus avec des modèles réduits. Les bactéries nitrifiantes trouvent dans ce nouveau type de filtre beaucoup plus de surface disponible pour leur développement.

#### 2.2.3. Début d'un programme de sélection

Depuis deux ans, seuls les géniteurs en bonne santé ayant une taille supérieure à une certaine limite (90 cm) sont utilisés pour la fécondation artificielle. Les oeufs de chaque femelle sont prélevés.

#### 2.2.4. Essais d'un chenal d'incubation (THOMAS et SHELTON, 1968)

Au cours des dernières années, un chenal d'incubation, creusé en bordure du ruisseau Abernathy, a servi à l'incubation d'oeufs de Chum, de Pink et de chinook d'automne. Ce chenal expérimental a servi de base à des recherches sur la densité des oeufs, la profondeur de l'implantation, le stade et de tous les facteurs qui permettent un bon rendement de ces frayères artificielles. Les retours ont été très peu nombreux car ces expériences étaient menées sur une petite échelle. Le chenal ne sert plus depuis 1968.

### 3. WESTERN FISH DISEASE LABORATORY, SEATTLE, (WASHINGTON) BUREAU OF SPORT FISHERIES AND WILDLIFE

Au fur et à mesure du développement des piscicultures, les maladies des poissons, longtemps mal connues, ont posé des problèmes de plus en plus graves. Pour y remédier, le Bureau of Sport Fisheries and Wildlife a créé deux laboratoires spécialisés, l'un sur la côte Est en Virginie, l'autre à Seattle que nous avons pu visiter.

Le laboratoire comprend 5 départements dont les activités sont bien souvent complémentaires et ont permis depuis plusieurs années de réaliser d'énormes progrès dans la prévention et le traitement des maladies.

SALMON CULTURAL LABORATORY LONGVIEW

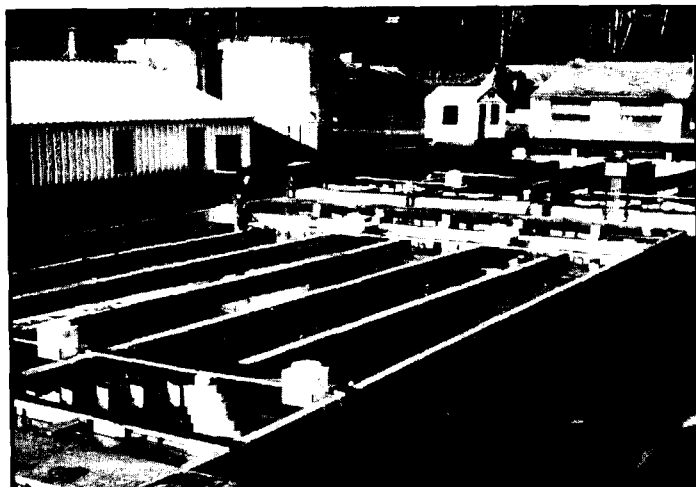


Photo 23 - Vue d'ensemble

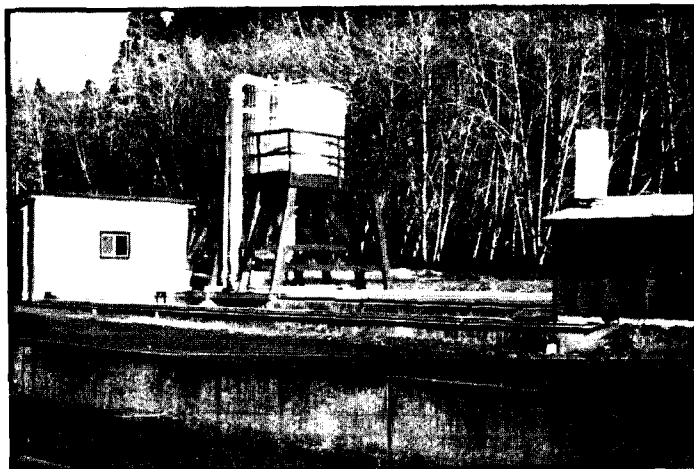


Photo 24 - "Re-use system"



Photo 25 - Tri des géniteurs

- Bactériologie

Périodiquement les bactériologistes de la station effectuent la tournée de toutes les piscicultures de la région Nord Ouest, examinent les poissons et prélèvent des échantillons pour rechercher les bactéries éventuelles.

- Virologie

La surveillance des piscicultures et des poissons sauvages a permis de mettre en évidence deux virus encore relativement peu connus :

- "Viral Hemorrhagic Seppticemia "(VHN)
- Infectious Hematopofetic Necrosis "(IHN)

Depuis, un contrôle systématique de toutes les écloséries permet de suivre l'évolution de ces virus qui semblent ne s'attaquer qu'à certaines espèces.

Dans le cas particulier de l'IHN, on est sûr que le virus se transmet à la surface des oeufs et une équipe de chercheurs a mis au point un traitement préventif permettant une désinfection très efficace des oeufs par immersion dans un complexe organique d'iode (voir paragraphe II.11.2.8.2)

- Histopathologie

Ce département aide au diagnostic de certaines maladies et définit les modes d'action des différents bactéries et virus sur les tissus et les organes.

- Immunopathologie

Une équipe se penche actuellement sur les problèmes causés par la furunculose et étudie les moyens d'action de l'agent pathogène Aeromonas salmonicida. Il a ainsi été mis en évidence deux souches différentes d'Aéromonas dont l'une est

SALMON CULTURAL LABORATORY LONGVIEW

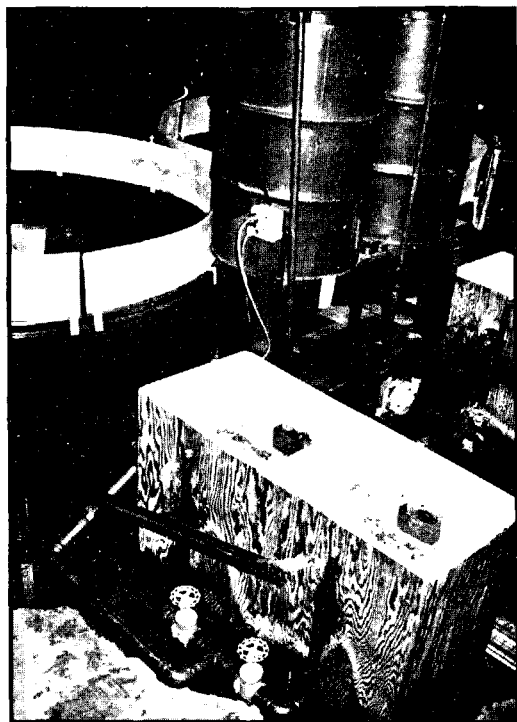


Photo 26 - Modèle réduit expérimental du "re-use system"

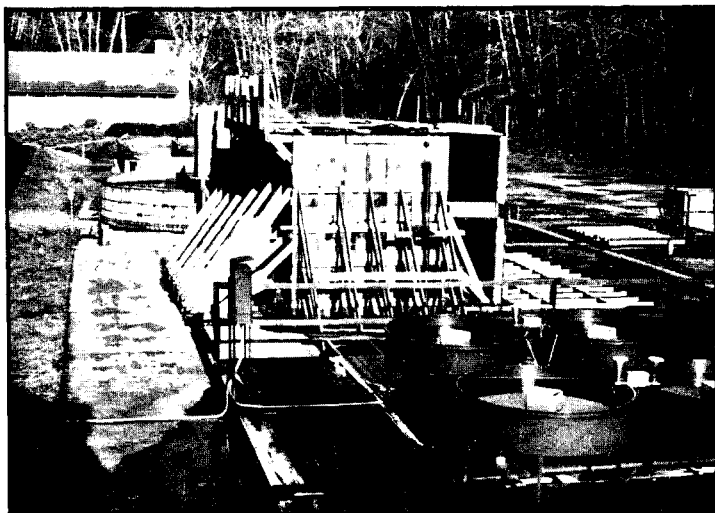


Photo 27 - Essais d'un nouveau filtre

très virulente alors que l'autre perturbe peu le poisson (ANDERSON et KLONTZ, 1969).

Une étude détaillée du sérum de poissons inoculés avec des bactéries pathogènes a permis de détecter une réponse immunologique située dans la fraction lourde  $\beta_2$ , et rien dans la fraction  $\gamma$ .

Mettant cette découverte à profit, un vaccin administré par voie buccale a été mis au point ; les premiers résultats sont encourageants, et on peut espérer qu'à brève échéance, il sera possible d'immuniser massivement un élevage et de le préserver ainsi de la furonculose.

- Problèmes relatifs à la pollution.  
Thérapeutiques.

Le laboratoire étudie la toxicité de certaines substances pour les poissons, et évalue l'efficacité de certains traitements et anesthésiques.

- Etude de la toxicité des composés mercu-  
riques et des conditions dans lesquelles ils  
peuvent devenir très dangereux.

- Etude de la maladie "des bulles gazeuses"  
qui provoque des hécatombes chez les ale-  
vins de descente à l'aval des grands barrages  
de la Columbia.

4. COLLEGE OF FISHERIES - WASHINGTON  
STATE UNIVERSITY - SEATTLE

Construit sur le campus de l'Uni-  
versité de Washington, le dispositif d'éleva-  
ge comprend un système de bassins et d'a-  
quariums alimenté par des pompes qui pui-  
sent directement l'eau du lac Washington.  
Après avoir traversé l'ensemble des instal-  
lations, cette eau se jette dans un bassin de  
stockage qui communique par une échelle à  
saumons avec l'extrémité du canal qui relie

le lac Washington au lac Union.

C'est là que le Dr. Lauren R. DONALDSON effectue ses travaux de sélection ("selective breeding") sur le saumon Chinook et sur la truite arc-en-ciel.

En dépit du fait que l'eau soit pompée dans le lac, celle-ci, après avoir traversé la pisciculture, acquiert des caractéristiques propres, capables d'être reconnues par les géniteurs lors de leur retour dans le canal ; ils pénètrent alors librement dans le bassin de maturation.

De 1944 à 1968, la moyenne des oeufs fournis par les femelles de truite arc-en-ciel âgées de 2 ans est passée de 1653 à 9259 par le seul jeu de la sélection des individus. Ces poissons peuvent ainsi atteindre en 2 ans le poids fabuleux de 5 kilogrammes (Figure 14).

Le programme de sélection des Chinook a débuté en 1949 à partir d'oeufs provenant d'une autre pisciculture (Soos Creek). Les smolts relâchés dans le lac Union ont produit des géniteurs qui à leur retour ont été sélectionnés en fonction de nombreux critères :

- retour au lieu de lâcher,
- taille,
- hauteur du corps (produisent plus de chair),
- état de maturation après une courte migration en mer,
- ponte à l'époque désirée, maturation précoce,
- croissance maximale, fécondité maximale,
- fort taux de survie de l'oeuf à l'alevin,
- résistance aux maladies,
- smoltification précoce,
- pourcentage important de retour.

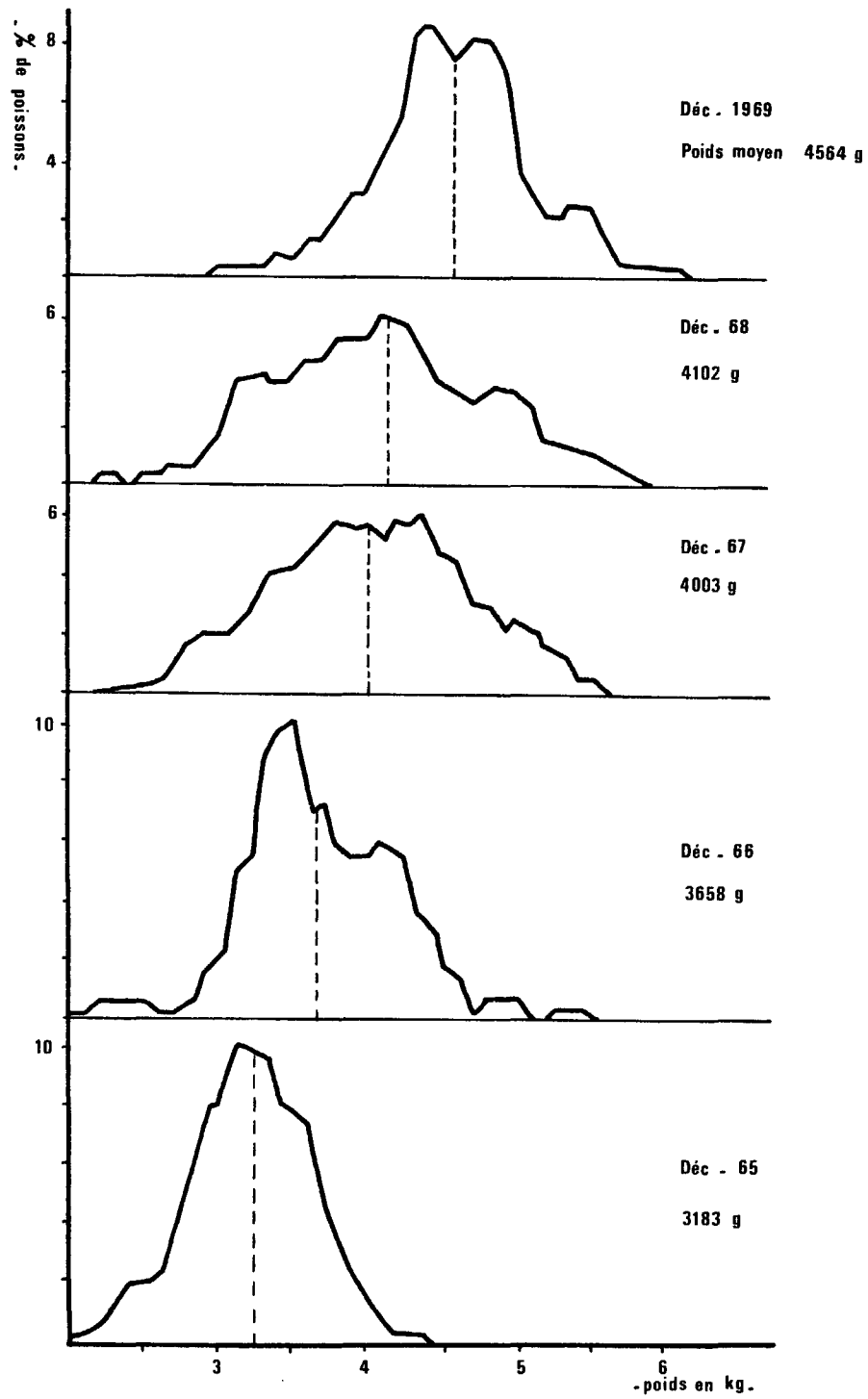
Grâce à cette sélection, le taux de retour des adultes est passé en 20 ans de 0,1 % à 3,25 %, alors qu'il est encore de 0,1 % pour les piscicultures de la Columbia.

##### 5. LABORATOIRE D'HYDRODYNAMIQUE DU BARRAGE DE BONNEVILLE (OREGON) - U. S. ARMY ENGINEERS DIVISION

L'industrialisation de la région Nord-Ouest des Etats-Unis a nécessité l'implantation de nombreux barrages hydroélectriques infranchissables pour les salmonidés migrateurs sur le fleuve Columbia et ses affluents. Ce laboratoire, créé en 1938, étudie l'implantation de chaque nouveau barrage, mais possède également une section destinée à l'étude des passes à saumons.

###### - Les échelles

Des études théoriques ont permis de définir avec précision les caractéristiques des échelles, et des modèles réduits au 1/10<sup>e</sup> permettent d'effectuer l'étude hydrodynamique. Pour l'expérimentation pratique, le laboratoire dispose d'un sas de grandes dimensions (50 x 25 m) situé le long de l'échelle principale qui contourne le barrage par la berge Nord. Ce bassin sert à tester des prototypes d'échelles grandeur nature avant leur construction sur un barrage de la région. Les modèles sont construits en contreplaqué dans le sas, et on y fait pénétrer les saumons lors de leur remontée en les détournant de l'échelle principale.



POIDS DE TRUITES ARC-EN-CIEL AGEES DE 20 MOIS ( D'APRES DONALDSON )

Fig. 14



Plusieurs types d'échelles peuvent être testés simultanément, ce qui permet de comparer leur efficacité. Elles sont généralement constituées par un plan incliné séparé en paliers successifs par des murs qui provoquent de petites cascades. Depuis plusieurs années, la plupart des barrages ont été équipés avec des échelles à ouvertures noyées qui permettent le passage des saumons en évitant les sauts.

Des "échelles sans fin" ont été également testées dans ce sas après chaque remontée, les saumons retombent dans un "lock" et recommencent l'ascension de l'échelle. On a ainsi contrôlé l'efficacité d'échelles à pentes respectives de 1/8e et 1/16e, en observant le comportement des poissons et en mesurant l'état de fatigue grâce à des dosages d'acide lactique dans le sang. Si l'échelle 1/8e s'est révélée satisfaisante pour les saumons Cockeye, les Chinook sont sortis beaucoup moins épuisés d'une ascension équivalant à une dénivellation de 60 m en empruntant l'échelle 1/16e (marches de 0,30 m et paliers de 4,80 m).

La progression s'est avérée plus rapide et beaucoup plus régulière si la pente est plus faible (GAULEY et THOMPSON, 1962, 1963).

#### - Protection des alevins lors de la descente

Lorsque les adultes ont franchi les différents obstacles et atteint leur frayère pour s'y reproduire, un autre danger menace l'espèce lors de la migration d'avalaison. Un fort pourcentage de smolts ou d'alevins sont détruits par le passage dans les turbines. Des études détaillées ont permis de chiffrer les dégâts causés par chaque barrage, et on est en train de mettre au point des grilles masquant entièrement l'entrée des turbines ainsi que des systèmes de captures qui permettront à un plus grand nombre d'alevins d'atteindre la mer.

#### - Comptage des adultes

Une station de comptage située tout en haut des trois échelles du barrage de Bonneville fonctionne 24 heures sur 24 pendant la période de migration, ce qui permet d'apprécier avec précision les stocks des saumons adultes qui remontent dans la Columbia chaque année. Les saumons sont comptés et déterminés par un spécialiste lors du passage sur une large planche blanche. Ces comptages permettent d'évaluer l'impact des productions de piscicultures sur l'importance des migrations de remontée.

- BONNEVILLE DAM HYDRODYNAMIC LABORATORY -

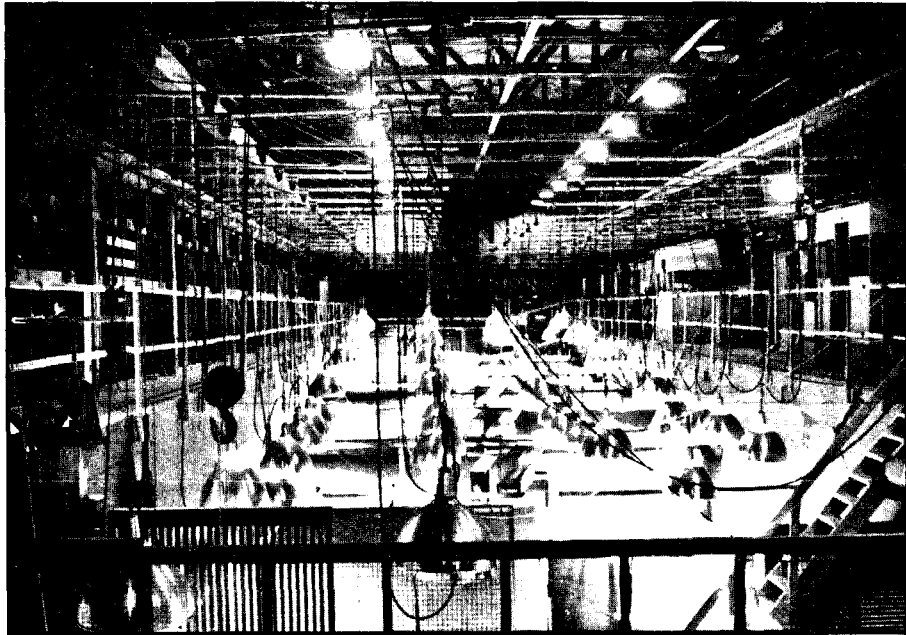


Photo 28 - Le sas où sont testées les différentes échelles à saumon

## CHAPITRE II

### LES PISCICULTURES DU BASSIN DE LA COLUMBIA

En dehors des piscicultures administrées par les organisations "Fish and Game" des états de Washington et d'Oregon, 7 centres fédéraux de production sont gérés par le "Fish and Wildlife Service" dépendant du Ministère de l'Intérieur. L'un d'eux est une station expérimentale : la pisciculture du Salmon Cultural Laboratory ; les autres sont directement destinés à l'élevage de repeuplement. Ces diverses écloséries produisent presque exclusivement des saumons Coho et Chinook et de la truite Steelhead. Les poissons sont élevés en pisciculture jusqu'au stade de la migration, puis relâchés dans la rivière.

#### 1. DWORSHAK NATIONAL FISH HATCHERY, AHSAHKA, (IDAHO) - BUREAU OF SPORT FISHERIES AND WILDLIFE

La pisciculture de Dworshak fut construite par le "U.S. Corps of Engineers" de l'armée, en tant que partie intégrante du barrage de Dworshak, afin de compenser la perte des frayères et des zones d'engraissement situées sur la "North Fork Clearwater river". Cette rivière, avant le début des travaux du barrage, était sans doute la meilleure (des Etats-Unis) pour la truite "Steelhead" d'été.

Les premières captures d'adultes eurent lieu en octobre 1968, dès le début de la migration des Steelhead. Les premiers oeufs furent collectés le 29 avril 1969. La station a actuellement une capacité de production de 3 600 000 smolts annuellement.

##### 1.1. Approvisionnement en eau

L'eau nécessaire à l'élevage est pompée dans la rivière Clearwater en aval du barrage. La station de pompage a une puissance de 800 CV.

Il existe cinq pompes dont une à 2 vitesses ce qui donne 16 combinaisons différentes. La capacité de pompage qui résulte de ce système varie de 15 000 litres/minute à 24 000 litres/minute selon les besoins. Le système est conçu pour fonctionner de façon entièrement automatique, et, en cas de panne de courant, deux diésels (795 CV, 500 KW) se mettent automatiquement en marche pour approvisionner la station.

La température de la rivière est loin de fournir des conditions optimales pour élever des truites steelhead : en hiver, elle avoisine 0° C alors que la moyenne du mois d'août s'élève à près de 23°C, avec des pointes à 25°C, ce qui est beaucoup trop important pour les poissons. Une étude réalisée en Californie a montré que les températures optimales pour élever de la steelhead se situent entre 7°C et 14°C. Cependant, à l'intérieur de cet intervalle, la croissance est très différente selon les conditions :

- à 7° C, la croissance mensuelle est d'environ 0,5 cm,
- à 14,5° C, elle est de 2,5 cm,
- les géniteurs doivent être maintenus dans une eau dont la température n'excède pas 12,2 à 13° C,
- des températures d'incubation supérieures à 13° C ou inférieures à 5,5° C affectent le développement normal des oeufs.

Pour ces différentes raisons, il a été décidé de doter la pisciculture ultra-moderne de Dworshak d'un système de recyclage qui permet de conserver en permanence une eau à température optimale.

Un appareillage construit selon les directives des biologistes du "Salmon Cultural Laboratory" permet actuellement de disposer d'eau maintenue entre 12,2° C et 15,5° C, été comme hiver. Cette température a été choisie pour permettre une croissance rapide des parrs ce qui permet d'obtenir des smolts après seulement un an d'élevage, alors que, dans des conditions naturelles, les alevins ne se smoltifient qu'au bout de deux, voire même, trois années.

Ce système en circuit fermé alimente actuellement 25 bassins d'élevage sur 84, il sera rapidement étendu à toute la station.

Approximativement 8 à 10 % d'eau "neuve" est introduite dans le circuit après avoir été filtrée, stérilisée et chauffée ou refroidie. La totalité de l'eau passe ensuite sur les filtres où elle est débarrassée de ses résidus ammoniacés, et dans les aérateurs où elle est saturée en oxygène. La station dispose ainsi d'une masse d'eau de 55 000 litres/minute capable d'alimenter la salle d'incubation, les bacs où les alevins commencent à se nourrir et les bassins d'élevage.

Le filtre est construit comme celui du prototype de Longview (paragraphe II. 2. 3). Il se compose de 8 éléments (22 x 4 m) remplis de cailloux surmontés d'une couche de coquilles d'huîtres concassées.

### 1. 2. Capture des géniteurs, bassins de stockage

Actuellement, tous les géniteurs sont capturés dans une trappe-ascenseur (voir paragraphe II. 3. 2) au pied du barrage. Lorsque les premiers adultes produits par la pisciculture effectueront leur migration de reproduction, ils emprunteront vraisemblablement l'échelle pour arriver directement dans les bassins de stockage. Cette échelle, large de 1,80 m et longue d'une trentaine de mètres, possède des marches de 0,30 m et des paliers ayant au moins 3 m de longueur. Elle est alimentée par un courant de vitesse minimum 0,60 m/s et maximum 2,40 m/s.

Les géniteurs sont orientés sélectivement par un jeu de portes vers 7 bassins (22 m x 6 m x 2,5 m) recevant chacun 7 mètres cubes d'eau par minute. Actuellement, ils peuvent accueillir 6 000 adultes pendant la période hivernale.

### 1. 3. Fécondation artificielle

Vers la fin du mois d'avril, les poissons sont poussés automatiquement vers une extrémité des bassins, puis dans un chenal aboutissant à une cuve contenant de l'anesthésique (MS 222). Les géniteurs sont alors happés par un monte-charge à godets qui les libère sur la table de tri. Ils sont alors examinés : ceux qui sont mûrs sont utilisés immédiatement, les autres

sont renvoyés dans les bassins de stockage par un jeu de canalisations.

Bien que dans des conditions naturelles, certains adultes survivent à la ponte, toutes les femelles utilisées à Dworshak sont éventrées pour libérer les oeufs. On considère, vu le très faible taux de survie, qu'il est préférable d'utiliser cette méthode expéditive et de gagner du temps plutôt que de perdre un certain nombre d'oeufs à la suite de traumatismes dus à la pression des flancs. En 1970, 11 000 000 oeufs ont été ainsi prélevés.

#### 1.4. Incubation, début de l'alimentation

Les oeufs sont immédiatement dénombrés dans un compteur électronique, et placés dans des piles d'incubateurs "Heath" (paragraphe II. 5.1.1.2). A l'éclosion, les alevins sont répartis dans 176 auges d'alevinage (4,50 m x 1 m x 0,6 m) ils y reçoivent leur première nourriture grâce à des distributeurs à alevins de forme allongée (paragraphe II. 7.2.2). Ils sont maintenus dans ces auges jusqu'au poids de 35 grammes.

#### 1.5. Elevage, croissance

Cette phase se déroule dans les 84 bassins d'élevage à courant rapide de type Burrows (voir paragraphe II.6.3.2).

Les parrs reçoivent des granulés secs Abernathy (paragraphe II.7.2.4.3) par l'intermédiaire d'un système pneumatique commandé par un ordinateur IBM utilisant les données de base suivants : nombre de poissons, coefficient de conversion de la nourriture utilisée, quantité de nourriture à distribuer en fonction de la température, etc.

L'ordinateur calcule la quantité de nourriture à distribuer dans chaque bassin, prenant en considération les variables du métabolisme des poissons. L'ordre (séparé pour chaque bassin) est transmis à une balance électronique, qui pèse la quantité de nourriture nécessaire et la libère dans un système de canalisations où elle est entraînée par un violent courant d'air à la vitesse de 100 km/h. L'ordinateur commande les aiguillages pour que les granulés arrivent dans le bassin voulu. Pour obtenir une répartition plus homogène, la distribution se fait simultanément par deux angles opposés du bassin (photo 30).

Les distributions se font de 8 h à 18 h à raison d'une toutes les demi-heures dans les bassins fonctionnant en circuit fermé. La distribution pour les 84 bassins s'effectue en moins de 10 minutes.

A la fin de la journée, l'ordinateur est remis à jour, et on introduit les mortalités de chaque bassin si quelque chose d'anormal survient. Le gain de poids escompté est calculé automatiquement chaque jour, et la quantité de nourriture à distribuer augmente ainsi régulièrement.

Un système de contrôle très perfectionné est situé dans le bureau du Directeur. Divers appareils enregistrent en permanence les données physico-chimiques de l'eau, le bon fonctionnement ou les pannes du système de pompage, et peuvent le cas échéant déclencher l'alarme en cas de phénomène anormal.

Un téléscripateur en relation avec l'ordinateur permet à tout moment de connaître la situation dans un bassin déterminé : températures aux arrivées d'eau, nombre de poissons, poids moyen, gain de poids escompté dans la journée, quantité de nourriture distribuée, etc.

Avant le lâcher, quand les smolts atteignent la taille de 80 à 90 gr, ils sont marqués par ablation de la nageoire adipeuse, par traitement à la téramycine et par marquage au froid (paragraphe II. 10)

Les smolts sont relâchés dans la Clearwater river par l'échelle qui leur permettra de retourner dans les bassins même de la pisciculture lorsqu'ils reviendront comme adultes, pesant en moyenne 4 à 4,5 kg.

#### 1.6. Quelques chiffres de fonctionnement

En 1970, 11 000 000 d'oeufs ont été prélevés, alors que les premiers smolts, obtenus en un an grâce au "re-use system", ont été libérés au printemps. La production de cette première année s'est élevée à 3 360 000 migrants.

On estime le prix de revient des smolts à \$. 0,70 par livre, soit un peu moins de 50 centimes par poisson.

En 1970, 85 % des smolts relâchés par la pisciculture ont été comptés au barrage de Ice Harbor situé près de 200 km en aval. Ce chiffre semble confirmer l'extrême robustesse des smolts produits grâce au "re-use system", comme cela a déjà été mis en évidence sur le Chinook et le Coho au Salmon Cultural Laboratory de Longview.

Dès l'achèvement du barrage de Dworshak, la pisciculture produira annuellement en plus de 3 500 000 steelhead, 45 tonnes de salmonidés destinés à ensemençer le lac de retenue qui sera aménagé en zone touristique, cette production annexe portera sur les espèces suivantes :

- truite arc-en-ciel,
- "Cutthroat trout"
- variété non migratrice du saumon Sockeye ou "Kokanee".

L'adaptation de toute la pisciculture en "circuit fermé" doit être réalisée en 1972-73. Une deuxième tranche de travaux prévoit d'étendre la station pour produire annuellement 7 000 000 de smolts d'un an.

#### 1.7. Coût de construction et de fonctionnement

Bâtiment de l'écloserie et auges d'alevinage	\$	725 000
Station de pompage .....	\$	677 000
Traitement de l'eau et "re-use system" ...	\$	980 000
Bassins d'élevage de type "Burrows" (84) .	\$	1 377 000
Bassins de maturation, échelle .....	\$	697 000
Magasin à nourriture et atelier .....	\$	968 000
Equipements divers .....	\$	314 000
Système de distribution de l'eau .....	\$	629 000
Drainage et évacuation des eaux .....	\$	162 000
Electricité, régulation et contrôle .....	\$	360 000
Préparation du site .....	\$	<u>1 217 000</u>
Total Construction .....	\$	8 106 000

Coût annuel d'entretien et de fonctionnement :

Nourriture seulement .....	\$	192 000
Entretien et opération .....	\$	<u>289 000</u>
Total Fonctionnement .....	\$	481 000

2. COWLITZ SALMON HATCHERY ET COWLITZ GAME HATCHERY (WASHINGTON)

Propriétaire : Compagnie d'électricité de la ville de Tacoma.

2.1. Situation de la rivière

La rivière Cowlitz est un affluent important de la Columbia, qu'elle rejoint à moins de 100 kilomètres de la mer. Cette rivière a toujours été très riche en salmonidés migrateurs (Chinook, Sockeye, Coho, Steelhead, Cutthroat) et l'implantation de barrages hydroélectriques, nécessaires pour le développement de l'agglomération de Seattle, s'est montrée compatible avec la subsistance de ces salmonidés.

La compagnie d'électricité de la ville de Tacoma (Tacoma City Light) a financé la construction de passes à poisson en même temps que les barrages s'élevaient sur la rivière . Cependant, on s'aperçut vite que ces échelles n'étaient pas suffisantes pour compenser le préjudice causé par les deux énormes barrages déjà construits : Mayfield et Mossyrock.

"Tacoma City Light" a donc financé la construction de deux piscicultures ultra-modernes, l'une destinée à produire des saumons, l'autre des truites Steelhead et Cutthroat. L'ensemble des aménagements piscicoles fournis par la compagnie sur la rivière Cowlitz a coûté plus de \$ 20 000 000 soit plus que les turbines et générateurs des deux barrages réunis.

2.2 Cowlitz Salmon Hatchery

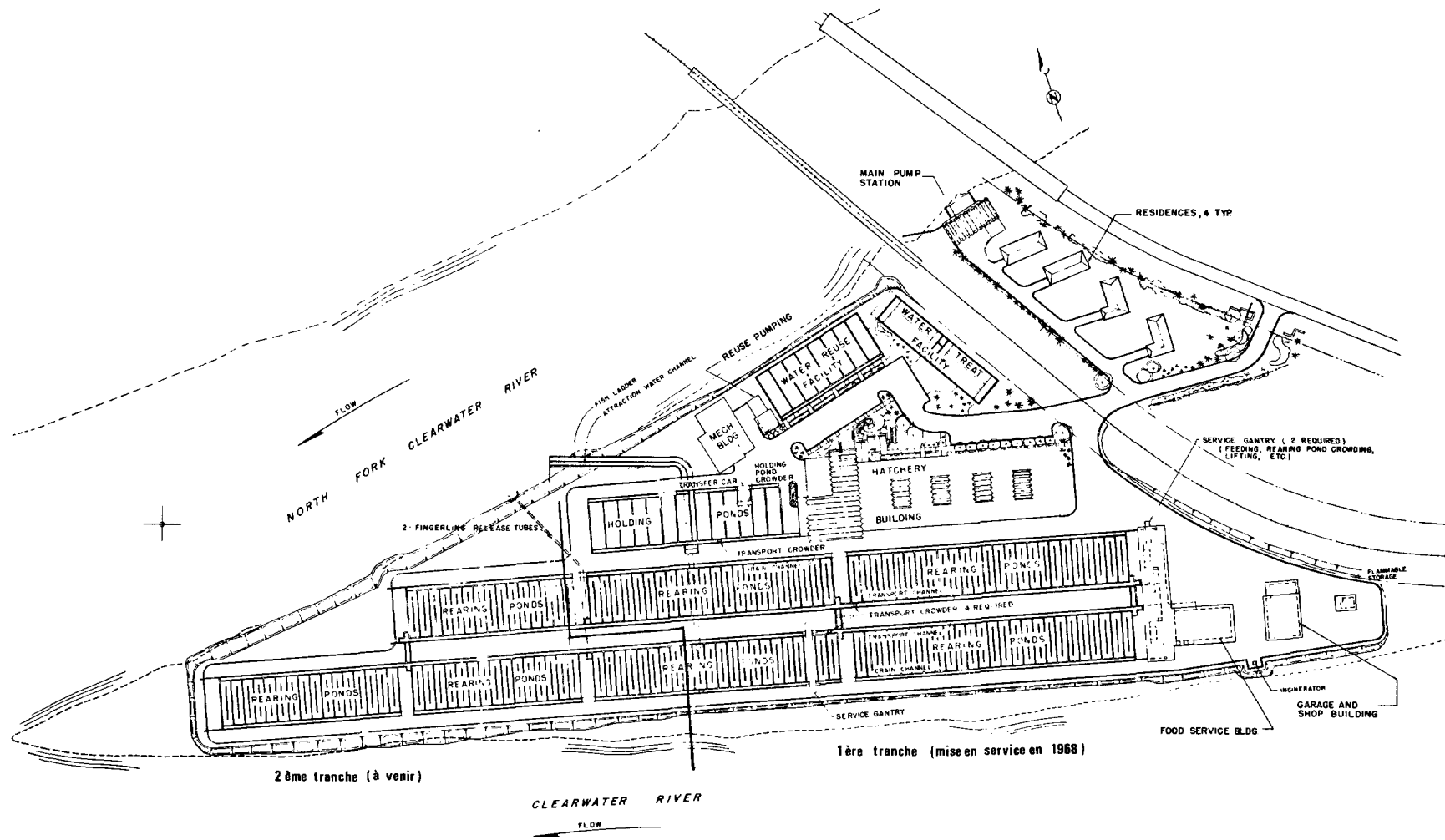
Cette station, située à environ deux kilomètres en aval du barrage de Mayfield, est actuellement la plus importante du monde. Construite en 1966, elle fut mise en service en 1967. Sa construction a coûté \$ 9 700 000. Elle peut accueillir 28 500 000 oeufs. Son exploitation a été confiée par contrat au "Washington Department of Fisheries", la pisciculture devant produire par an suffisamment de smolts pour maintenir dans la rivière les populations suivantes :

- 13 000 spring Chinook
- 9 000 fall Chinook
- 25 500 Coho .

Ce qui revient à entretenir annuellement des retours proches des records enregistrés dans la Cowlitz river ces dernières années.

2.2.1. Approvisionnement en eau

L'eau doit être pompée directement dans la rivière à raison de 5 400 l/seconde pendant les périodes d'activité maximale. La qualité de l'eau et le bon fonctionnement du système de pompage font l'objet d'un contrôle électronique. L'eau est débarrassée de l'excès d'azote dissous dû à la présence du barrage. Pendant l'hiver une partie de l'eau est chauffée pour assurer une meilleure croissance.



DWORSHAK STEELHEAD FISH HATCHERY

Fig. 15



- DWORSHAK NATIONAL FISH HATCHERY -

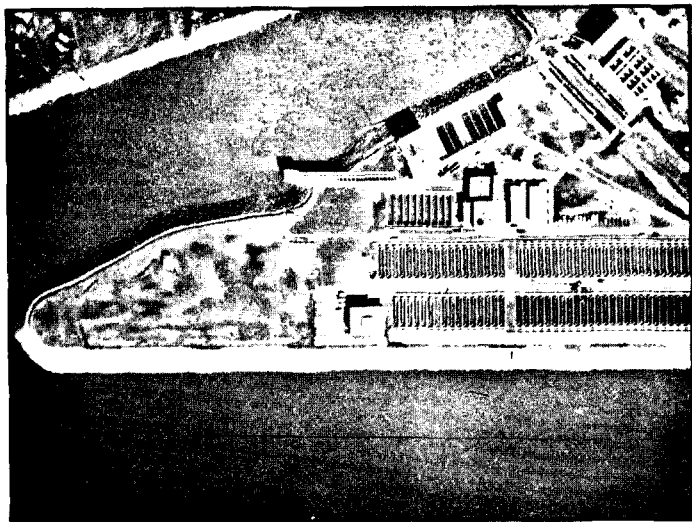


Photo 29 - Vue aérienne

### 2.2.2. Capture des géniteurs

Un barrage en béton crée une dénivellation d'environ deux mètres dans la rivière ; les différents salmonidés ne pouvant franchir cet obstacle se dirigent vers l'échelle qui conduit à la pisciculture.

Cette échelle est constituée de deux parties, séparées par un canal de transport. Elle présente les caractéristiques suivantes :

- largeur 1,50 m
- pente 10 %
- longueur des paliers : 3 m,
- hauteur des marches : 0,30 cm,
- le passage de l'eau se fait par trop plein et par un orifice noyé souvent emprunté par les poissons. Le débit total est de 600 litres/minute.
- l'ensemble échelle et canal de transport s'étend sur plus de 200 mètres.

### 2.2.3. Tri et stockage

Un dispositif perfectionné permet de trier les adultes dès leur arrivée à l'écloserie et de les diriger vers un bassin de stockage sans la moindre manipulation. Tous les poissons remontant l'échelle s'accumulent dans un bassin de repos. Périodiquement, on libère un courant d'eau à une extrémité du bassin ce qui a pour effet d'attirer les géniteurs. Ils franchissent en sautant cette petite cascade et tombent dans un toboggan ; d'une cabine surplombant le système, un employé reconnaît les différentes espèces et effectue le comptage en pressant divers boutons correspondant aux espèces ; ces boutons commandent en outre l'ouverture de portes qui permettent de diriger automatiquement les géniteurs dans un bassin donné. Chaque bouton correspond à



Photo 30 - Distribution de granulés par système pneumatique

une taille moyenne de géniteurs (Chinook 20 livres, Coho 9 livres, Steelhead 10 livres, etc.) ce qui permet de connaître le poids de poisson dirigé vers chaque bassin et de ne pas les surcharger.

Les Steelhead et les Cutthroat sont dirigées vers des réservoirs de stockage en aluminium pouvant se vider directement dans des camions. Chaque réservoir peut recevoir 1 250 livres de poisson ; quand ce total est atteint, un voyant jaune s'allume, les truites, vidangées dans un camion, sont immédiatement transportées à la "Cowlitz Trout Hatchery".

La pisciculture possède 36 bassins profonds de type Burrows (6 m x 30 m x 3 m) dont 14 peuvent être utilisés soit pour garder les adultes, soit pour élever les alevins. Ces bassins de stockage reçoivent 3 500 l/m par une arrivée d'eau noyée.

#### 2.2.4. Fécondation artificielle

Un dispositif de concentration ("crowder") automatique fonctionnant sur rails peut se déplacer le long de tous les bassins et permet de pousser les géniteurs vers une rigole qui aboutit à un bac d'anesthésique. Une fois endormis, ils sont happés par un monte-charge à godets qui les amène sur la table de tri. Là ils sont contrôlés individuellement à la main : les individus prêts à pondre sont immédiatement sacrifiés et saignés ; les autres retournent dans le bassin de maturation voulu par un jeu de 10 canalisations. Les oeufs sont prélevés par éventration et placés dans des incubateurs Heath (270 batteries de 16 plateaux).

#### 2.2.5. Élevage

Dès la fin de la résorption de la vésicule, les alevins sont répartis dans les bassins d'élevage à raison de 300 000 par bassin. Ils reçoivent des granulés hydratés "Oregon Moist Pellets" distribués manuellement. Les fall Chinook sont relâchés après 4 mois d'élevage alors que les Chinook de printemps et les Coho séjournent une année de plus à la pisciculture.

Un certain pourcentage de smolts sont marqués par ablation de la nageoire adipeuse et de la ventrale gauche, avant d'être relâchés dans la rivière.

Si l'élevage des Chinook d'automne et des Coho a posé très peu de problèmes jusqu'ici, il n'en est pas de même pour le Chinook de printemps qui s'avère très sensible aux maladies.

Des épidémies de maladie bactérienne du rein et de furonculose ont causé une mortalité importante ces dernières années. Des essais de vaccination par voie bucale contre la furonculose ont montré des résultats encourageants, mais semblent accroître le taux de monstruosités chez les alevins.

#### 2.2.6. Résultats, perspectives

En 1970, 29 500 000 oeufs ont été prélevés. La production de 1970 n'a pas atteint son maximum, mais elle est déjà très importante :

- 3 971 800 Chinooks de printemps,
- 9 960 000 Chinooks d'automne,
- 4 636 000 Coho.

	Production 1970	Objectifs 1971
Chinook de printemps	3 971 800	6 000 000
Chinook d'automne	9 960 000	13 000 000
Coho	4 436 000	6 000 000
	<hr/> 18 367 000	<hr/> 25 000 000

- Contribution aux prises de Coho

- 26 % des Coho pêchés commercialement en mer proviennent de la pisciculture de Cowlitz,

- Du fait du caractère tardif de la migration, la pisciculture alimente à 100 % la pêche du coho dans la Cowlitz, l'estuaire de la Columbia et la zone côtière en fin de saison.

- Retours enregistrés

- Chinook de printemps : à la suite de difficultés rencontrées pour l'élevage de cette espèce, les retours sont inférieurs au contrat de production :

1969 : le retour fut de 4 000 adultes et 45 000 "jacks",

1970 : 4 500 adultes remontèrent dans les bassins de la pisciculture.

- Coho : les retours 1970 ont pulvérisé les prévisions les plus optimistes :

60 000 adultes sont en effet revenus à l'écloserie pour un peu moins de 5 000 000 de smolts relâchés ! Les retours 1971 s'annoncent bons également puisque 65 000 "jacks" ont été comptés en 1970.

- Chinook d'automne. Les retours ont été les meilleurs des trois dernières années. La migration des Chinook d'automne a la particularité d'être très tardive par rapport aux autres rivières : elle se termine aux environs du 20 novembre.

2.3. Cowlitz Game Hatchery

Construite en 1966 par la Compagnie d'électricité de la ville de Tacoma, à 8 km en aval de la première station, pour \$ 3 500 000 elle est destinée à maintenir les populations de truites de la rivière Cowlitz. Elle est exploitée par le "Washington Department of Game".

2.3.1. Approvisionnement en eau

113 000 litres/minute sont nécessaires au fonctionnement de la station. La majeure partie est pompée dans la rivière Cowlitz ou provient par simple gravité d'undes affluents le "Blue Creek". La température varie de 7° C en été à 2° C en période hivernale car la rivière prend sa source au pied du Mont Rainier alimentée par la fonte des glaciers. Quand le réservoir du barrage du Mayfield sera complètement rempli, la température estivale pourra atteindre 10° C.

Pour remédier à ces basses températures qui ne permettent pas une croissance rapide, 9 puits artésiens situés de l'autre côté de la rivière débitent 16 000 litres/minute d'eau à température presque constante qui permet une croissance plus rapide.

Là encore, l'eau fait l'objet d'un contrôle électronique constant.

### 2.3.2. Opérations diverses

Les adultes, transportés depuis la station située en amont, sont stockés dans des bassins de maturation cimentés. Le prélèvement des oeufs se fait par éventration, la station a une capacité d'incubation de 3 500 000 oeufs.

L'incubation se fait dans des auges cimentées recevant des paniers. Dès l'éclosion, les alevins sont répartis dans 6 bassins d'élevage de type "raceway" (30 m x 3 m) où ils commencent à s'alimenter. Ils sont ensuite transportés dans des raceways plus importants (24) où ils séjournent jusqu'à la taille de 4 grammes environ.

Une des originalités de cette pisciculture est constituée par 4 grands bassins semi-naturels où les alevins terminent leur croissance. Ces bassins (paragraphe II.6.1) couvrent une surface de près de 7 hectares. Chaque bassin reçoit environ 350 000 jeunes truites ; deux sont consacrés à l'engraissement des truites Steelhead, deux autres accueillent les truites Cutthroat. La production annuelle est fixée par contrat à 650 000 Steelhead et 600 000 Cutthroat de 14 à 20 cm obtenues en deux ans d'élevage. 130 tonnes de truites arc-en-ciel seront en outre produites par la suite. Cette production doit suffire pour maintenir un retour de 13 000 steelhead et 6 000 Cutthroat.

Les alevins sont d'abord nourris avec des granulés secs jusqu'à la taille moyenne de 2 grammes puis ils reçoivent de l'Oregon Moist Pellet par la suite. Le taux de conversion de cette nourriture se situe entre 1,8 et 2,1.

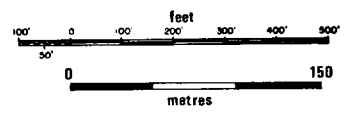
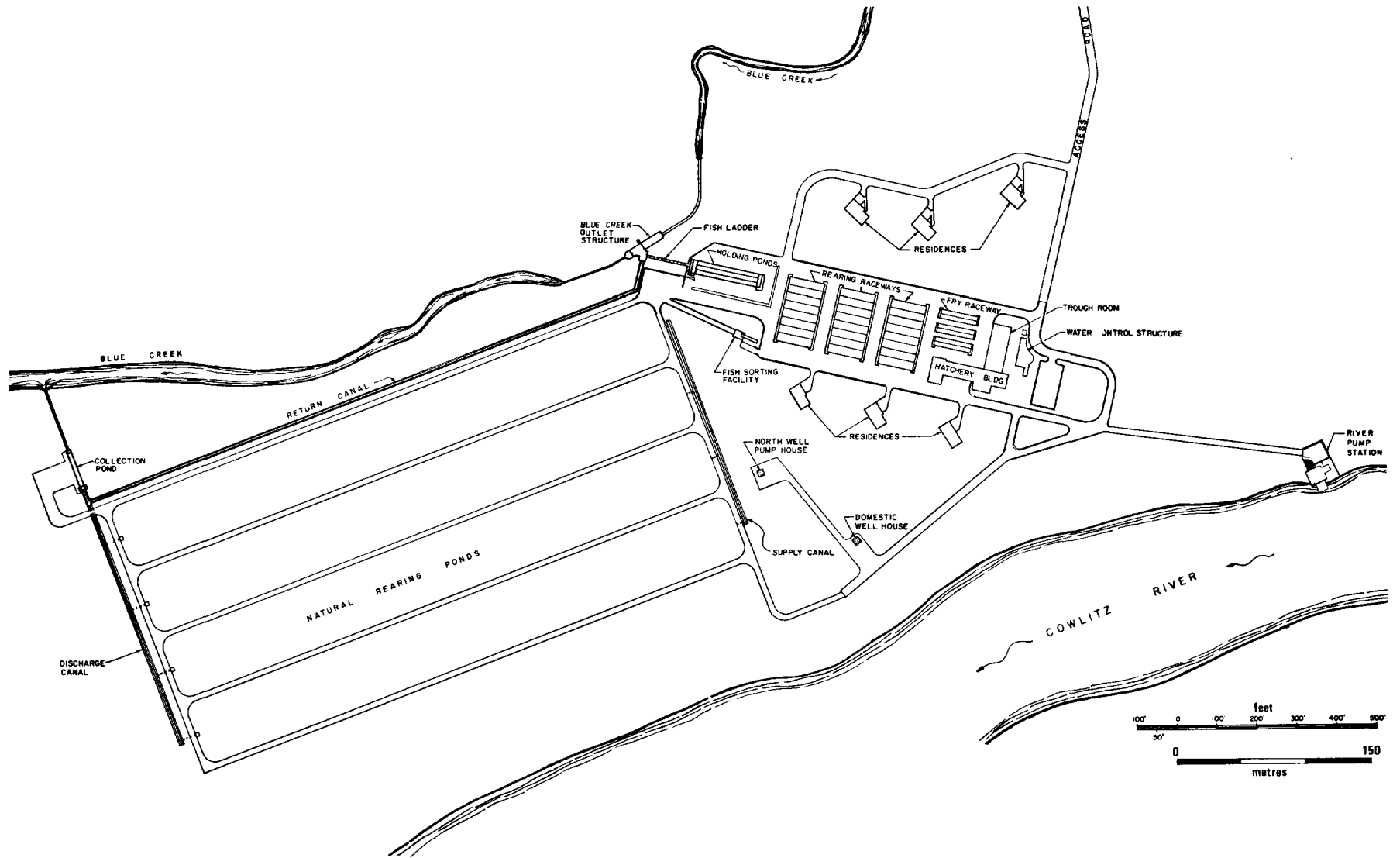
Le prix de revient moyen par smolt produit s'élève à environ 0,50 F, dont 0,30 F représentent la nourriture seule. La pisciculture fonctionne avec 6 employés, Directeur inclus, et il est envisagé de ramener la main d'oeuvre à 4 personnes.

### 2.3.3. Coût de la construction

Bâtiments de l'écloserie .....	\$ 350 000
Raceways .....	\$ 545 000
Bassins semi-naturels .....	\$ 600 000
Echelle, bassins de stockage .....	\$ 316 000
Pompage de l'eau de rivière .....	\$ 340 000
Puits artésiens (9) .....	\$ 127 000
Canalisations .....	\$ 127 000
Matériel divers .....	\$ 54 000
6 Résidences .....	\$ 181 000
Electricité et Contrôle .....	\$ 120 000
Préparation du site .....	\$ <u>209 000</u>
Total	\$ 3 500 000

## 3. SPRING CREEK NATIONAL FISH HATCHERY (WASHINGTON)

La pisciculture Fédérale de Spring Creek est située sur la rive droite de la Columbia un peu en amont du barrage de Bonneville.



**COWLITZ GAME FISH HATCHERY**

**Fig. 16**

- COWLITZ GAME HATCHERY -

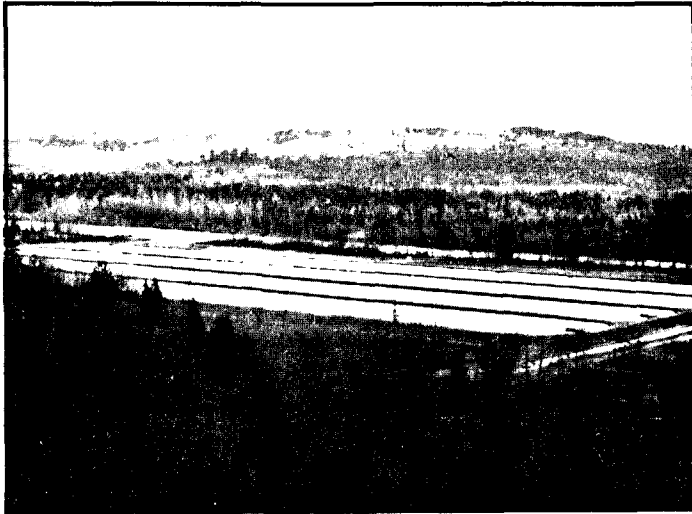


Photo 31 - Les bassins semi-naturels



Photo 32 - Distribution de granulés par camion

### 3.1. Approvisionnement en eau

Elle est alimentée par 5 sources numérotées de 1 à 5 ayant un débit total de 12 160 litres/minute ; l'approvisionnement se fait par gravité. La température de l'eau varie au cours de l'année de 8° C à 10° C seulement.

Les sources 4 et 5 ont un débit de 2 280 litres/minute ; elles fournissent l'eau à une pression généralement suffisante pour assurer les besoins domestiques et les exigences de l'élevage en particulier du système d'incubation.

Les sources 1, 2, 3 ont un débit de 9 880 litres/minute. L'eau est collectée dans un bassin adjacent à la source et sert à alimenter le bassin à géniteurs et les bassins d'élevage situés en contrebas par rapport aux bassins circulaires et à la chambre d'incubation.

Trois pompes débitant 2 400 litres minute accroissent la pression dans la canalisation principale lorsque les sources 4 et 5 ne peuvent suffire.

### 3.2. Les installations

La station se compose actuellement de :

- un bâtiment comprenant les locaux administratifs et la salle d'incubation équipée de 108 bassins de frai pouvant recevoir 27 648 000 oeufs,
- dix bassins circulaires à trop plein central : 3 grands (10 m de diamètre) et 7 petits (6 m de diamètre) (paragraphe II.6.2.2),
- cinq "raceways" de tailles diverses pouvant servir soit à l'élevage des jeunes, soit à la maturation des géniteurs;
- un bassin naturel héberge les adultes avant la fécondation artificielle. Le volu-

me utilisé pour assurer la maturation de 2 400 adultes est de 735 m<sup>3</sup> soit environ 3 poissons au mètre cube.

- une échelle permet aux géniteurs de passer à la Columbia dans le bassin de maturation. Compte tenu de la largeur de la rivière à cet endroit, (1 300 m) il ne saurait être question de créer le moindre barrage pour orienter les saumons. C'est leur seule mémoire olfactive qui leur permet de reconnaître les caractéristiques sans doute particulières de l'eau des sources de Spring Creek. Avant leur admission dans le bassin de maturation, les géniteurs sont triés de façon à éviter un excédent de mâles car le volume d'eau est limité. Une proportion d'1 mâle pour 3 femelles est conservée, l'excédent est sacrifié immédiatement pour être commercialisé.

- l'ensemble des bassins d'élevage offre un volume de 1 500 mètres cubes, ce qui permet une production annuelle de 8 900 000 smolts de fall Chinook ; ces derniers sont relâchés à un poids moyen de 5 grammes.

Au cours de l'élevage, on maintient une densité de 3 000 alevins de 5 g par mètre cube soit un rendement de 15 kg/m<sup>3</sup>.

Le pourcentage de retour moyen oscille autour de 0,175 %. Dans ces conditions, les oeufs de 5 500 femelles suffisent pour maintenir une migration annuelle de 15 000 saumons adultes.

### 3.3. Projet de transformation

La création des réservoirs de 2 importants barrages hydroélectriques (John Day et The Dalles) a provoqué la destruction de nombreuses frayères naturelles. Pour remédier à ces pertes et reconstituer la moitié de la production ainsi compromise, la station de Spring Creek sera modifiée et développée dès 1971 selon les techniques les plus modernes et efficaces.

Les nouvelles installations assureront la maturation de 8 000 Chinook adultes. Des batteries d'incubateurs "Heath" pourront contenir 9 700 000 oeufs.

La production annuelle s'élèvera à 17 100 000 smolts, le complément en oeufs provenant d'autres piscicultures de la Columbia comme par le passé.

La température sera maintenue à 10,5° C en permanence par chauffage, l'eau sera recyclée et conditionnée à 90 % par un re-use system (paragraphe II, 2.3).

La station ainsi modifiée sera équipée de 44 bassins de type Burrows (22,5 m x 5 m x 1,2 m) dont 27 seront exclusivement destinés à l'élevage des jeunes, les 17 autres pouvant servir soit à l'élevage soit à la maturation des adultes.

### 3.4. Chiffres de fonctionnement (Données numériques concernant le maintien de la population de Fall Chinook à Spring Creek)

- Survie des géniteurs .....	98 %
- Nombre moyen d'oeufs/femelle ....	5 000
- Taux de retour .....	0,175 %
- Taux de survie de l'oeuf à l'alevin	90 %
- Nombre de poissons par bassin ....	388 000
- Nombre de poissons par m <sup>3</sup> .....	3 100
- Capacité totale de 27 bassins .....	10 490 000

- Débit exigé par l'incubation :

- . Batterie de 8 incubateurs Heath 15,2 l/m
- . pour 152 batteries ..... 2310 l/m
- . pour les 108 bassins de frai  
(27 648 000 alevins) 6156 l/m

- Débit exigé pour l'élevage et la maturation :

- . pour 1 bassin ..... 2736 l/m
- . pour 44 bassins ..... 120384 l/m

Vu la source d'eau réduite, un re-use system capable de réduire de 90 % le débit nécessaire était la seule solution envisageable.

- Caractéristiques de l'eau :

- . température (élevage, incubation, maturation ..... 10,5° C
- . pH doit être maintenu entre 7 et 8
- . concentration en oxygène dissous :
  - Incubation : saturation
  - Maturation : saturation
  - Elevage : supérieur à 5 ppm
- . Concentration en gaz carbonique libre :
  - Ne doit pas dépasser 5 ppm.
- . Concentration en azote dissous :
  - très jeunes poissons : en aucun cas au dessus de 100 %
  - par la suite, tolérance maximum de 105 % de saturation
- Matériaux dont l'emploi est prohibé dans la construction du dispositif de reconditionnement de l'eau :
  - . Zinc, cuivre, laiton, cadmium, coaltar.

4. LITTLE WHITE SALMON NATIONAL FISH HATCHERY (WASHINGTON) - U.S. FISH AND WILDLIFE SERVICE.

Cette saturation est située sur la Little White Salmon river, tout près de son confluent avec la Columbia, en aval de Willard. Elle fut bâtie dès 1898 sur une riche frayère naturelle ; l'élévation du niveau des eaux due à l'implantation du barrage de Bonneville eut pour résultat de détruire de nombreux secteurs de ponte tout en gênant considérablement la remontée des géniteurs. Pour maintenir les stocks de saumon de la rivière, il devint nécessaire d'accroître le nombre des bassins de l'ancienne pisciculture pour augmenter la production.



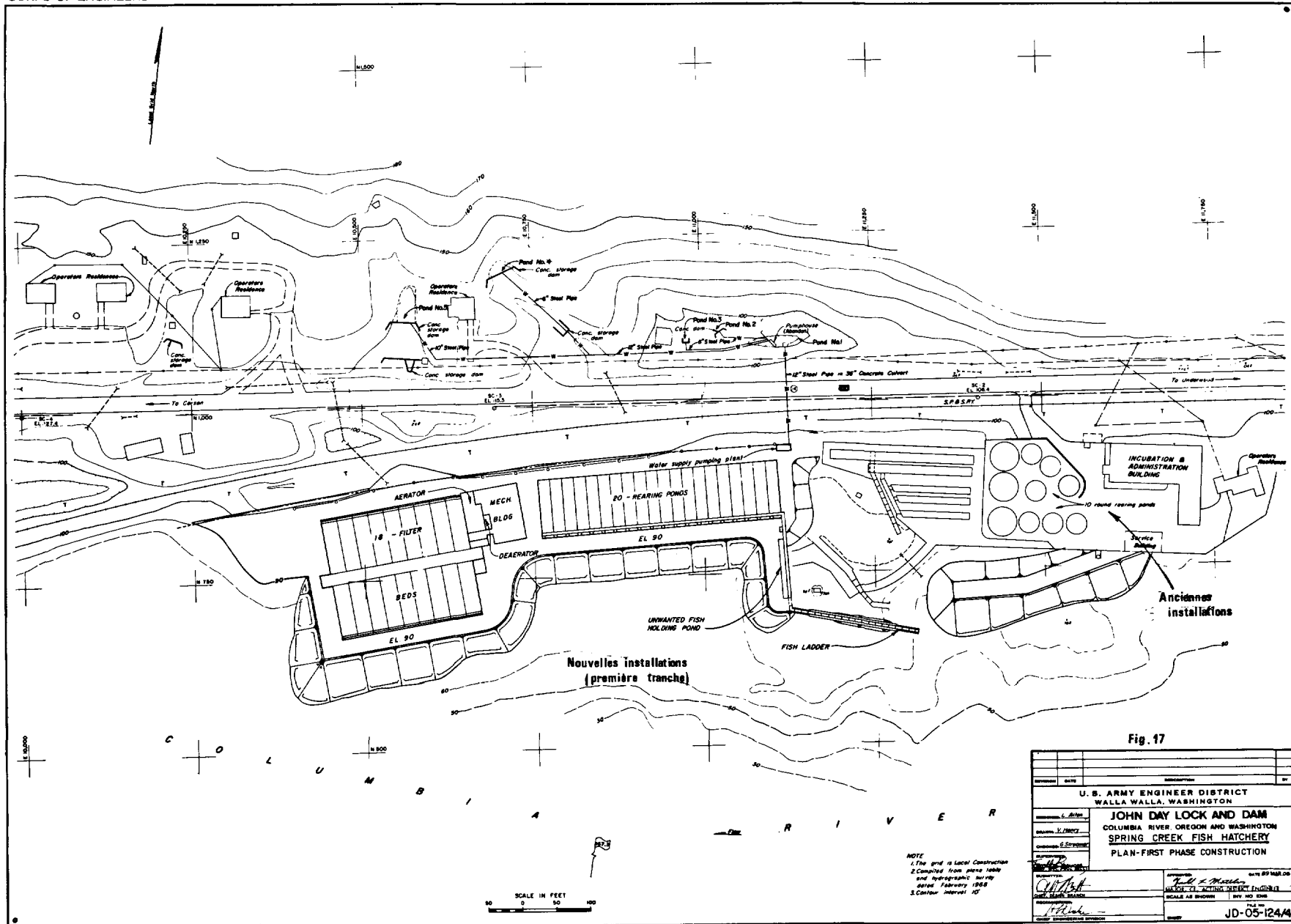


Fig. 17

U. S. ARMY ENGINEER DISTRICT WALLA WALLA, WASHINGTON	
JOHN DAY LOCK AND DAM COLUMBIA RIVER, OREGON AND WASHINGTON SPRING CREEK FISH HATCHERY PLAN-FIRST PHASE CONSTRUCTION	
DESIGNED BY C. A. ALLEN	DATE SEP 1948
DRAWN BY J. J. HENRY	SCALE AS SHOWN
CHECKED BY C. S. SCOTT	REV. NO. ONE
APPROVED BY <i>[Signature]</i>	DATE OCT 1948
PROJECT ENGINEER <i>[Signature]</i>	SCALE AS SHOWN
DESIGNED BY C. A. ALLEN	DATE SEP 1948
DRAWN BY J. J. HENRY	SCALE AS SHOWN
CHECKED BY C. S. SCOTT	REV. NO. ONE
APPROVED BY <i>[Signature]</i>	DATE OCT 1948
PROJECT ENGINEER <i>[Signature]</i>	SCALE AS SHOWN
JD-05-124/4	

NOTE  
1. The grid is local construction  
2. Computed from plane table  
and hydrographic survey  
dated February 1958  
3. Contour interval 10'

SCALE IN FEET  
0 50 100

#### 4.1. Alimentation en eau

L'eau provient de la rivière et de 3 sources dont la température varie peu (8 à 10° C). 4 500 litres/minute sont nécessaires pour alimenter les incubateurs, mais grâce à un circuit fermé, le débit de 700 litres/minute d'eau de source est suffisant pour répondre à ces exigences. L'eau est ainsi maintenue à 11° C.

#### 4.2. Les installations

Du fait de sa construction en deux temps, la pisciculture se compose de deux ensembles distants de quelques centaines de mètres.

Un premier système comprend 41 "raceways" alimentés par un tunnel de dérivation qui capte en amont une partie de l'eau de la rivière. Après avoir traversé les bassins d'élevage, l'eau passe dans un bassin de stockage rectangulaire puis s'écoule par l'échelle à saumons.

Un barrage mécanique arrête les adultes dans leur migration et les dirige vers l'entrée de l'échelle. Un "goulot de nasse" empêche les poissons de redescendre vers l'aval une fois qu'ils ont pénétré dans le bassin à géniteurs.

Le deuxième système construit en aval du premier est équipé d'un circuit fermé dont les filtres sont constitués par trois "raceways" reconvertis. Au total, la pisciculture possède 56 raceways.

Huit personnes sont employées pour assurer le fonctionnement de la pisciculture, il faut y ajouter une secrétaire et deux biologistes qui disposent d'un laboratoire de microbiologie. Ils sont chargés d'effectuer une surveillance systématique des maladies dans toutes les stations fédérales de la région en coopération avec le Western Fish Disease Laboratory de Seattle.

Au moment du lâcher des smolts, 12 employées peuvent être recrutées pendant trois semaines pour effectuer les opérations de marquage qui se font soit par ablation des nageoires, soit par marquage au froid.

#### 4.3. Nourriture

Comme dans les autres piscicultures de la Columbia, l'emploi de l'O. M. P. s'est généralisé durant plusieurs années. Cette nourriture est distribuée à la main. En 1969, des résultats peu concluants furent obtenus avec l'Abernathy "moist", avant le succès de l'Abernathy "dry". En 1970, des essais furent tentés avec cette dernière nourriture ; on utilisera 75 π d'Abernathy "dry" pour 25 % d'O. M. P.

Le "starter" fut distribué à raison de 16 fois par jour, le rythme tombait à 10 dans la période précédant le lâcher des 8 000 000 d'alevins de fall Chinook. La livre de poisson produite revient dans cette pisciculture à 0,80 dollars soit (en 1970) 4,68 centimes par smolt.

#### 4.4. Evolution des populations de saumon depuis 1964 à Little White Salmon.

##### 4.4.1. Fall Chinook

	Année de production		
	1964	1965	1966
Nombre de smolts produits	8 700 000	7 500 000	8 000 000
Retours de géniteurs ( 3 ans plus tard)	1967 4 721	1968 1 793	1969 4 066
Nombre d'oeufs produits par ces géniteurs	15 700 00	4 600 000	9 500 000

Tableau 9

Au printemps 1970, une expérience concluante a été tentée à Little White Salmon. Afin d'avancer la période de ponte de géniteurs de spring Chinook, ceux-ci ont été placés dans un bassin couvert, éclairé artificiellement. Le régime d'éclairage a été programmé de telle sorte que le déroulement des variations photopériodiques artificielles précède d'un mois les variations naturelles. Il a ainsi été possible de recueillir les oeufs le 22 juillet au lieu du 24 août 1970 pour le lot témoin.

Le réglage des conditions d'éclairage semble donner de meilleurs résultats que l'utilisation des hormones lorsqu'il s'agit de provoquer artificiellement la maturité sexuelle des Oncorhynchus.

#### 4.4.2. Coho

Alors qu'en 1956, 352 Coho adultes dont 5 femelles furent repris à la station, le nombre de recaptures s'éleva à 20 856 en 1966. Une décroissance des captures s'est produite depuis cette année record :

1967 : 19 606  
1968 : 11 313  
1969 : 11 310

La production annuelle totale de la station est :

- 31 tonnes de fall Chinook,
- 5,8 tonnes de spring Chinook,
- 14 tonnes de Coho.

#### 5. WILLARD NATIONAL FISH HATCHERY (WASHINGTON)

Cette pisciculture, située à proximité du Laboratoire de Nutrition fut construite en bordure de la "Little White Salmon river" en 1952. Les bassins sont alimentés directement par une dérivation de la rivière. Sa production annuelle moyenne est de 3 000 000 de jeunes Coho et 500 000 Chinook de printemps. La station se trouve en amont d'une cascade que les adultes ne

— LITTLE WHITE SALMON —  
NATIONAL FISH HATCHERY

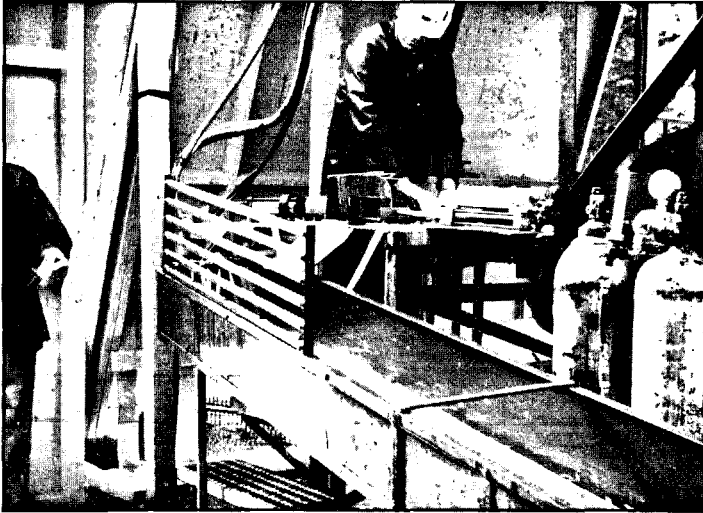


Photo 33 - Appareil servant à tuer les saumons

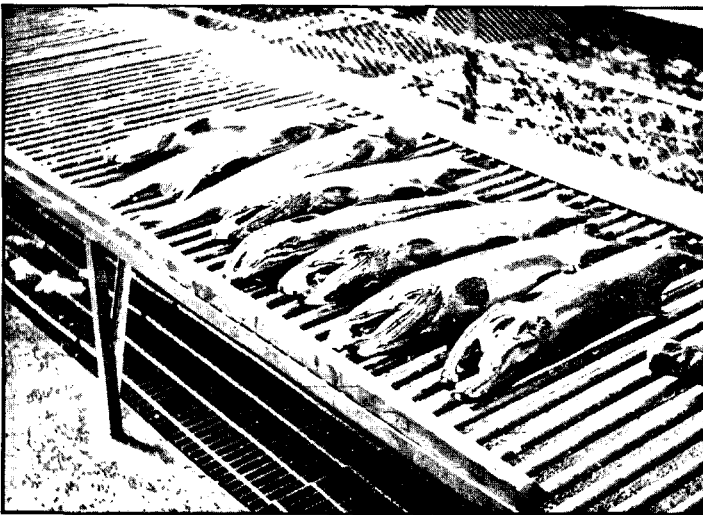


Photo 34 - Saumons "Coho" mâles

peuvent pas franchir, si bien que la capture des géniteurs s'effectue en aval à l'écloserie de Little White Salmon. Les oeufs sont recueillis sur place et transportés à "Carson depot".

En automne 1969, 12 millions d'oeufs ont été ainsi mis en incubation, ils devaient produire en mai 1971 3 000 000 de smolts de Coho longs de 15 cm. En mai 1970, le nombre d'oeufs ayant été insuffisant, il n'a été possible de relâcher que 2 500 000 smolts.

Les bassins, au nombre d'une vingtaine, sont du type "raceway".

Les poissons sont nourris pour la plupart avec de l'O. M. P., mais l'utilisation de "l'Abernathy dry" en distributeur automatique commence à se généraliser pour les alevins.

Cinq personnes assurent le fonctionnement de la station qui revient annuellement à \$ 100 000 (salaires compris).

#### 6. CENTRE D'INCUBATION DE CARSON DEPOT (WASHINGTON)

Certains affluents de la Columbia ont des eaux froides pour permettre l'incubation dans de bonnes conditions en hiver, de novembre à février (inférieures à 5° C). De plus, à cette époque de l'année les eaux sont souvent chargées de boue, ce qui peut être fatal aux oeufs surtout avant l'apparition du point oculaire.

Pour pallier cet inconvénient, un centre d'incubation alimenté par une source à température constante (9° C) a été construit à proximité de l'endroit où la Wind River se jette dans la Columbia : c'est "Carson Depot". La station est constituée d'un local obscur équipé de batteries d'incubateurs Heath.

#### 7. CARSON NATIONAL FISH HATCHERY (WASHINGTON)

Construite sur la Wind River pour assurer une production de truites arc-en-ciel, cette station fut ensuite chargée de participer à l'entreprise lancée pour maintenir et développer les populations de Chinook et de Steelhead de la Columbia.

Elle est équipée de 46 raceways et de 2 bassins de maturation.

#### 8. EAGLE CREEK NATIONAL FISH HATCHERY (OREGON)

Construite sur un affluent de la Columbia, cette station est équipée d'une barrière électrifiée qui force les géniteurs à emprunter l'échelle menant au bassin de maturation (paragraphe II.3.1.3). Comme beaucoup d'autres stations, Eagle Creek produit du Coho, du Chinook et de la Steelhead.

Les oeufs de truites ne sont pas recueillis par l'ancienne méthode de pression des flancs mais par la technique de l'air comprimé (paragraphe II. 4.2).

On utilise une pompe à poissons aussi bien pour le lâcher des smolts que pour la libération des géniteurs de Steelhead après la ponte.

La station d'Eagle Creek est encore équipée de Raceways ; on utilise des incubateurs verticaux de type Burrows et Heath.

CHAPITRE III

CHENAUX DE FRAI AU CANADA

1 - WEAVER CREEK SPAWNING CHANNEL (BRITISH COLUMBIA)

International Convention for the Sockeye Salmon of the Fraser River

La rivière Fraser, un des plus riches cours d'eau à saumons Sockeye de la Colombie Britannique a été placée dès 1913 sous le contrôle d'une commission internationale U.S.A-Canada chargée de gérer le patri moine saumon. Cette commission étend son contrôle au bassin de la Fraser et aux zones marines adjacentes où la pêche est intense : détroits de Georgia et Juan Da Fuca.

Avant 1913, les prises commerciales variaient d'année en année de 5 700 000 à 20 000 000 de poissons par cycles de 4 ans. En 1914, un glissement de terrain bloqua la rivière, en un point appelé maintenant "hell's gate", interdisant la remontée des géniteurs vers leurs frayères. L'effort de pêche n'ayant pas été réduit proportionnellement à la diminution des poissons, les prises tombèrent rapidement dans des proportions catastrophiques.

Les premières mesures pour aménager la rivière Fraser furent prises en 1945 quand un dispositif permettant aux Sockeyes de franchir l'éboulis fut mis en place. Le système, long de 210 mètres comporte une échelle et un tunnel et permet de franchir une dénivellation de 11,50 mètres.

Cependant, l'aménagement de la rivière, la réglementation des pêches et les implantations d'oeufs n'arrivèrent pas à restaurer les énormes populations de la Fraser. En effet, les frayères ravagées par les crues et le flottage des bois diminuaient d'année en année. C'est ainsi que la solution des chenaux de frai fut finalement adoptée.

1.1. Les installations

Le chenal de frai de Weaver Creek fut créé en 1965 sur une petite rivière appartenant au système hydrographique du lac Harrison, affluent de la Fraser. Ce ruisseau présente d'importantes variations de flot et peu de surface pour accueillir les géniteurs.

Cette frayère artificielle s'étend sur 17 000 m<sup>2</sup> de surface offrant les conditions idéales pour l'incubation des oeufs de 13 000 femelles. Elle est approvisionnée par 3 prises d'eau situées en amont permettant un réglage grossier de la température (6° C au moment de la ponte, 1° C en hiver) et du débit. L'eau est amenée jusqu'au chenal par canalisation.

Le chenal, creusé en bordure de la rivière en est séparé par une levée de terre pour le protéger des crues. Il est rempli de graviers calibrés de 0,5 à 5 cm, provenant d'autres rivières et de cordons littoraux.

Une barrière détourne les géniteurs lors de leur remontée (15 octobre au 1er novembre) ; ils pénètrent dans le chenal, pondent, meurent, les carcasses sont enlevées et les oeufs se développent dans les graviers de la frayère.

Les alevins quittent le chenal au printemps, ils sont alors comptés de façon à évaluer le succès de l'incubation. Un employé suffit à assurer le fonctionnement de cette installation, un deuxième est utilisé au moment du frai.

### 1.2. Chiffres de fonctionnement

Avant l'implantation du chenal, les géniteurs de la rivière (5 000 à 22 000) produisaient 2 000 000 à 4 800 000 alevins. Après 4 ans de fonctionnement, 3 700 géniteurs produisent 11 700 000 alevins, soit un taux de survie de 80 %.

#### - Première année de fonctionnement

- nombre de femelles pénétrant dans le chenal :

Sockeye	2 986
Chum	497
Pink	32

- effet sur la production en 1969 :

retours de Sockeyes adultes au chenal :	60 000
nombre d'individus pêchés :	110 000

soit une production de 170 000 adultes, ce qui équivaut à multiplier par 6 le rendement de la rivière. La production par femelle pour cette première année de fonctionnement a été de 49 adultes.

La construction du chenal avait coûté \$ 275 000 et \$ 30 000 suffisent annuellement pour l'entretien et le fonctionnement. Le prix des poissons pêchés est de \$ 221 000 soit \$ 419 000 après conditionnement. Bien que le chenal n'ait fonctionné qu'aux 2/3 de sa capacité, le rapport bénéfice/coût est de 7.

#### - Chiffres de production 1970 :

10 000 géniteurs ont frayé dans le ruisseau et 5 000 ont été détournés dans le chenal.

Sockeyes : 4 723	Jacks	396
	Mâles	818
	Femelles	2519
Chums : 865	Mâles	383
	Femelles	482

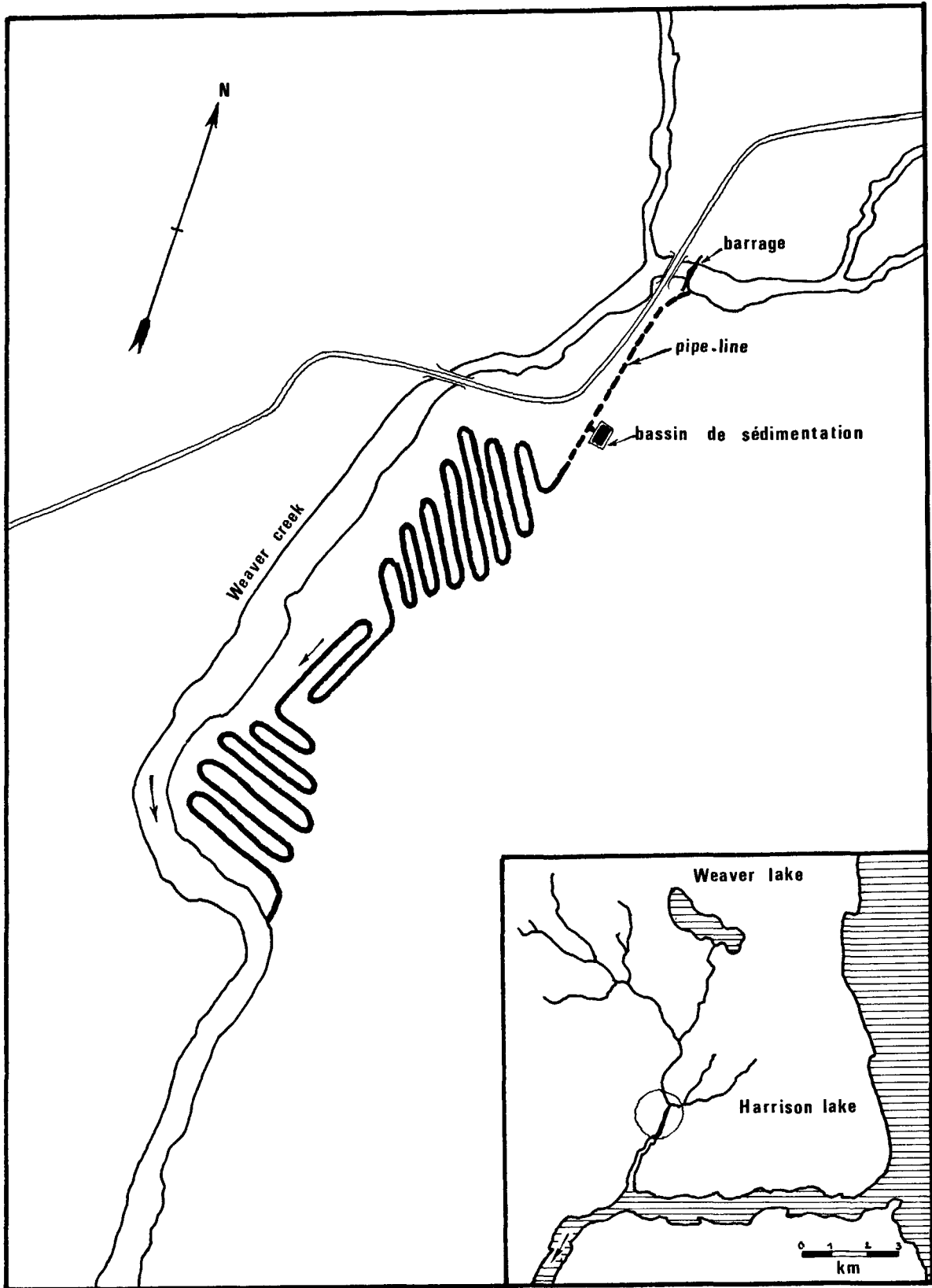
On estime à 32 000 000 le nombre d'alevins qui devaient dévaler au printemps 1971.

## 2 - BIG QUALICUM DEVELOPMENT PROJECT (BRITISH COLUMBIA)

### Department of Fisheries and Forestry.

La rivière Big Qualicum est située sur la côte orientale de l'île de Vancouver, en Colombie Britannique. Là encore, la dégradation progressive des frayères a entraîné une diminution des stocks.

On y trouve en quantités variables 5 des 6 espèces de salmonidés migrateurs de la



WEAVER CREEK SPAWNING CHANNEL

Fig. 18



côte pacifique : Chum (10 000 à 100 000), Coho (1 000 à 5 000), Chinook (200 à 2 000), Steelhead (400 à 1 000) et Pink.

## 2.1. Les installations

### 2.1.1. La rivière

La Big Qualicum est un cours d'eau côtier de 11 km de long et 20 m de large, prenant naissance dans un lac (Horne Lake). L'objectif principal du projet est de restaurer dans cette rivière une importante migration de saumons Chum dont le rôle économique est important.

### 2.1.2. Chenaux de frai

C'est une large tranchée longue de 1 100 mètres et large de 12 mètres, alimentée par un débit de 1 600 à 1 900 litres/seconde. En utilisant au maximum les possibilités de l'installation, le débit pourrait atteindre 240 000 litres/minutes, le chenal pouvant alors contenir 20 000 géniteurs. Le fond est garni de graviers et galets de taille comprise entre 1,9 et 15 cm.

Le prix de revient du mètre carré de chenal s'élève à \$ 0,50. Le lit de la rivière a en outre été creusé au bulldozer sur un peu plus de 10 kilomètres, ce qui a permis de restaurer à peu de frais les frayères endommagées et de les rendre plus productives (\$ 0,18/m<sup>2</sup>).

Les opérations sont identiques à celle des autres chenaux de frai, les géniteurs sont déviés dans le canal jusqu'à saturation de l'espace vital, l'excédent peut remonter librement dans la rivière. Ils passent sur une planche blanche devant une station de comptage pour être dénombrés.

Dans les conditions normales, les alevins de Chum descendent vers la mer dès l'émergence des graviers, mais il a été remarqué que le pourcentage de survie était nettement plus important s'ils sont relâchés un peu plus tard à une taille plus élevée. Pour cette raison, une partie des alevins est maintenue dans un petit chenal d'élevage ("Rearing channel") cimenté qui était prévu initialement pour accueillir des saumons Pink. Les jeunes nouvellement éclos y sont nourris artificiellement avec des granulés secs pendant 45 jours avant d'être libérés. Cette opération se fait à l'aide de distributeurs posés sur des planches au milieu du chenal à intervalles fixes.

### 2.1.3. Approvisionnement en eau

La source d'eau est constituée par le lac Horne situé à une dizaine de kilomètres en amont. Trois prises d'eau situées à des profondeurs différentes permettent un réglage grossier de la température de la rivière. L'eau est amenée dans le Big Qualicum par un tunnel de 500 mètres traversant une colline ; deux vannes permettent de régler le débit à la sortie du tunnel (fig. 20). Grâce à cette installation, l'eau de la rivière est maintenue sous contrôle, l'incubation d'oeufs de géniteurs sauvages est ainsi faite dans d'excellentes conditions qui ont permis d'obtenir un taux de survie oeuf/alevins de 33 % contre 13 % auparavant.

Le chenal lui-même est alimenté par l'eau de la rivière, après passage dans un bassin de décantation où elle est débarrassée des particules en suspension (paragraphe II.2.2.4, photo 35).

Un des affluents de la Big Qualicum, "Hunt's Creek" est sujet au moins une fois par an à des crues importantes qui pourraient avoir des conséquences catastrophiques pour les oeufs

incubés dans le chenal. Pour cette raison, le cours de ce petit ruisseau a été entièrement dévié, et il ne rejoint la Big Qualicum que dans l'estuaire, en aval des installations.

2.1.4. La pisciculture

Une petite écloserie destinée à perpétuer les stocks de Chinook et de Coho de la rivière pour alimenter la pêche sportive est construite à proximité du chenal. Les opérations se déroulent comme dans toutes les stations piscicoles : prise de géniteurs, maturation, fécondation, incubation et engraissement, dans 3 bassins rectangulaires de type Burrow's (15 m x 4 m).

Ces installations permettent de produire annuellement 1 000 000 de jeunes Coho et 1 000 000 de Chinook d'automne.

2.2. Résultats

Le coût total des installations de Big Qualicum s'élève à \$ 2 500 000, le chenal de frai seul demandant \$ 130 000.

Production, pourcentages de survie

Année	% de survie dans le chenal	Nombre d'alevins	
		Chenal	Rivière
1967	80 %	11 000 000	
1968	80 %	18 000 000	21 000 000
1969	70 %	22 000 000	40 000 000

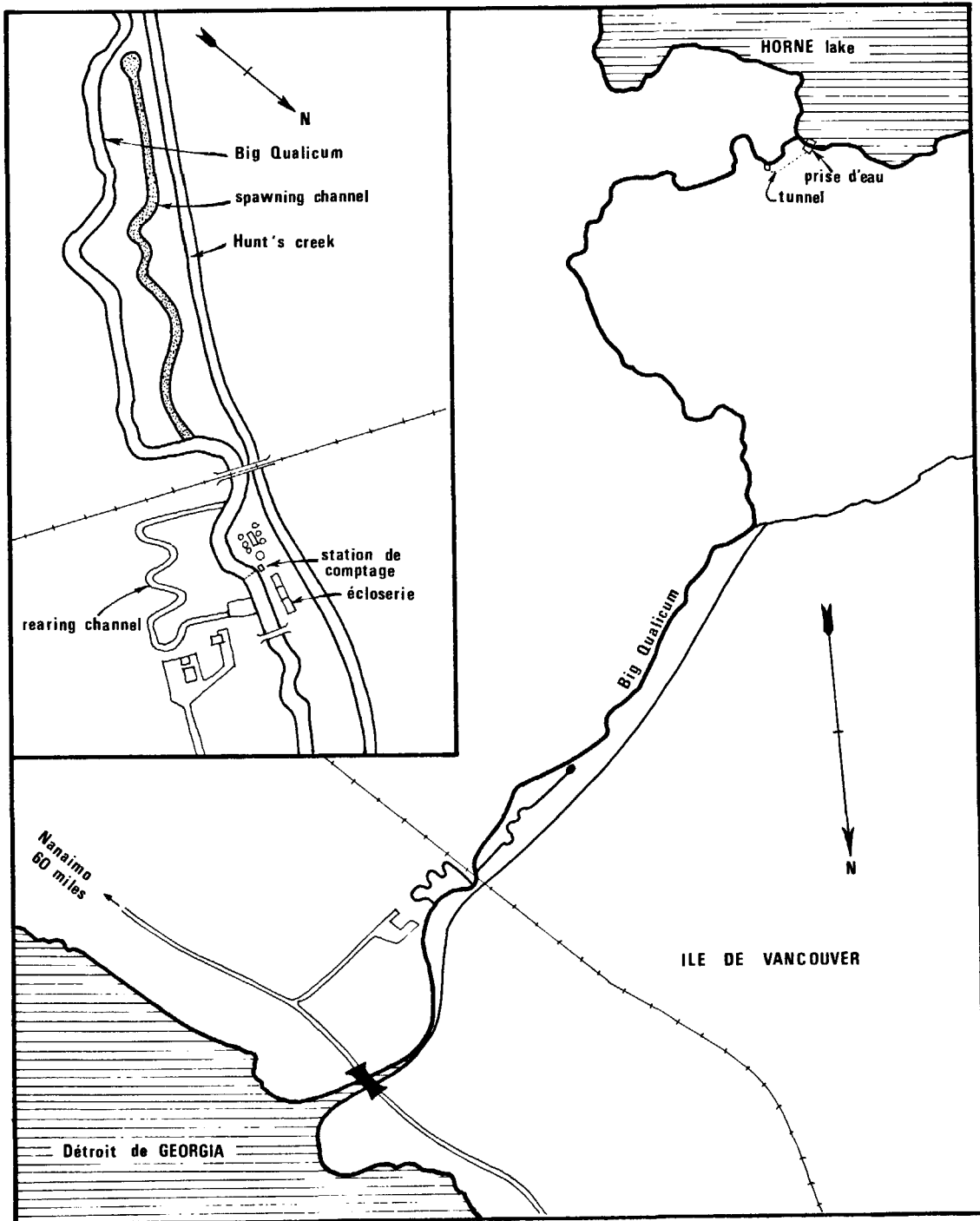
Influence de chenal de frai, du contrôle du flot et de la température

Année	Retour de géniteurs	Pêche commerciale	Total
1959	98 500	-	-
1960	60 000	-	-
1961	13 000	-	-
1962	46 000	-	-
1963	37 900	-	-
1964	36 400	-	-
1965	18 800	=	18 800
1966	53 400	=	53 400
1967	46 600	10 000	56 600
1968	138 800	51 200	190 000
1969	100 000	150 000	250 000

- : indéterminé,
- = : pas de pêche commerciale.

Tableau 10

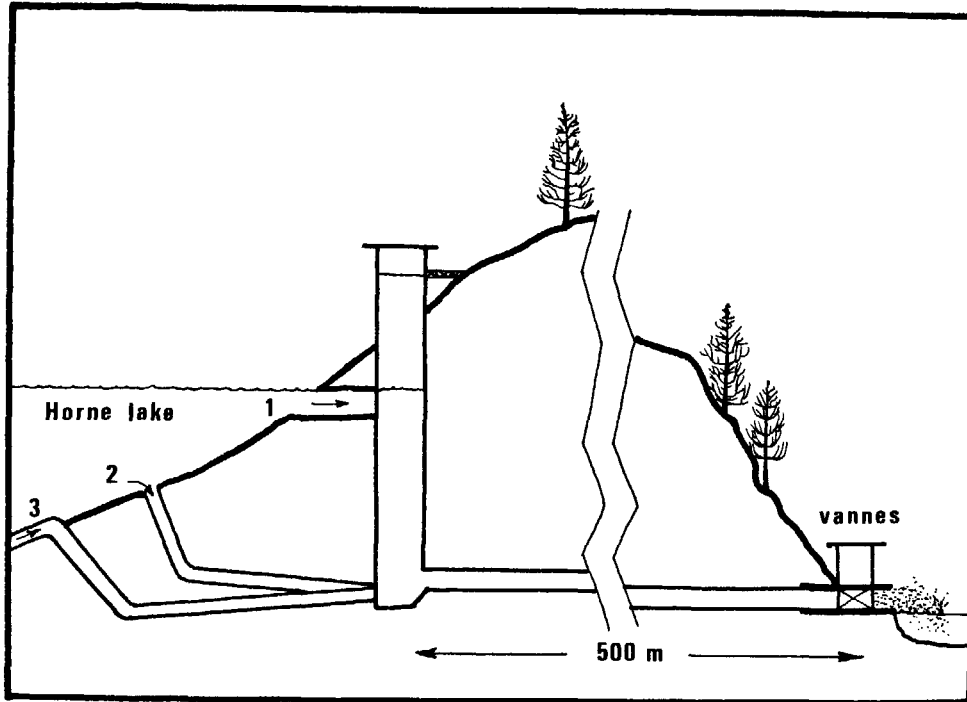
L'influence du contrôle des conditions d'incubation et du Spawning Channel a permis en 3 années de produire 150 000 individus pour la pêche commerciale et d'augmenter considérablement le nombre de géniteurs revenant dans la rivière.



**BIG QUALICUM DEVELOPMENT PROGRAM**

**Fig. 19**

**BIG QUALICUM**



- CONTROLE DU DEBIT ET DE LA TEMPERATURE -

Fig. 20

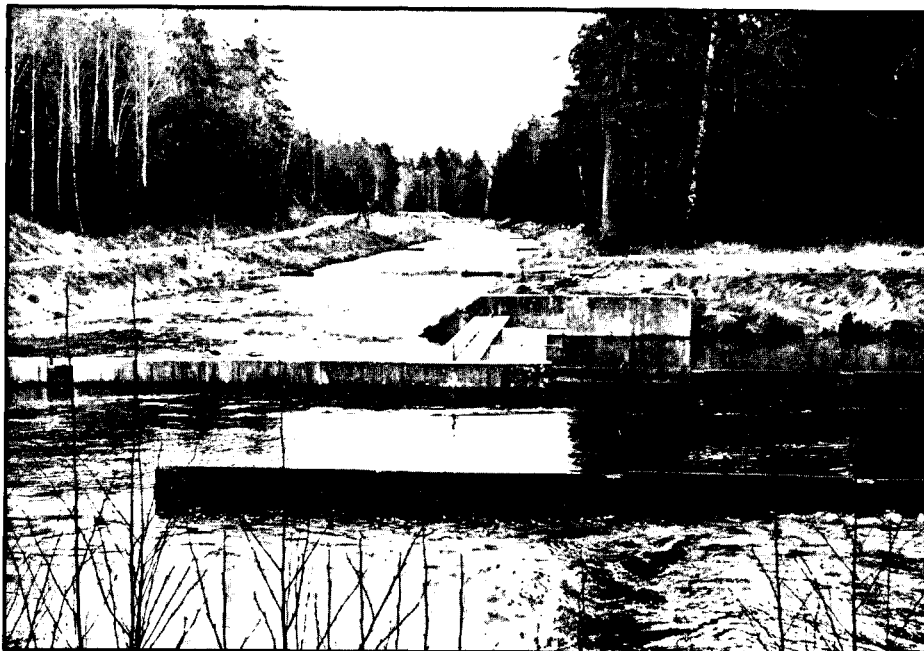


Photo 35 - Bassin de décantation

TROISIEME PARTIE

LE SAUMON ATLANTIQUE

REALISATIONS DE LA COTE EST

CHAPITRE I

REALISATIONS CANADIENNES

1 - MACTAQUAC FISH CULTURE STATION, FREDERICTON - NEW BRUNSWICK

(Resource Development Service of Federal Department of Fisheries)

Située sur la rivière Saint John à environ 8 km de Fredericton, cette station fut bâtie en 1968 en même temps que le barrage hydroélectrique de Mactaquac construit moins de 2 km en amont.

La mise en place de cet important obstacle artificiel menaçait de destruction complète la population de saumons de la St John river. Pour y remédier, on envisagea la construction d'une passe à poissons, mais cette solution fut vite abandonnée car elle n'aurait pas été suffisante pour sauver le saumon de la rivière.

Il apparut par la suite qu'il était préférable d'implanter directement une station d'élevage de smolts en aval du barrage, la production de cette pisciculture devant être capable de pallier les inconvénients du barrage et la destruction des frayères submergées par le lac de retenue. Cette production a ainsi été chiffrée à 500 000 smolts par an.

1.1. Caractéristiques de la St John river

- Superficie drainée : 42 000 km<sup>2</sup>

- Pollutions :

Il existe deux sources principales de pollution : une papeterie située à Edmunston et une usine de conditionnement de légumes surgelés, à Florenceville. La réoxygénation des eaux polluées est d'autant plus lente que les lacs de retenue, en amont des barrages hydroélectriques diminuent leur aération. A Fredericton, 200 kilomètres en aval des sources de pollution, le taux d'oxygène dissous est encore en dessous de la normale.

Le principal affluent de la St John, la Tobique river est exempt de toute pollution

Barrages hydroélectriques :

Trois barrages importants ont été construits dans le bassin de la St John.

. "Tobique Narrow Dam", construit en 1953 : ce barrage comporte une passe à saumons efficace.

. "Beechwood Power Dam" : il est équipé d'un ascenseur à saumons qui permet aux saumons de franchir l'obstacle. Sa construction date de 1957.

. "Mactaquac Power Dam" : capacité 600 000 Kw.

Les 3 barrages détruisent par leurs turbines 35 % des smolts qui dévalent vers la mer, soit 45 000 pour la seule usine de Mactaquac. Si on compte le retard occasionné dans la migration de reproduction, la perte de géniteurs blessés dans la trappe et l'inondation de nom-

breuses frayères, la perte occasionnée par le dernier barrage est évaluée à 200 000 smolts.

- Stocks naturels de saumon dans le bassin de la St John :

La population atteignant la zone côtière de la baie de Fundy est évaluée à 25 000 saumons ; 12 à 13 000 pénètrent dans la rivière et 2 500 environ sont capturés par les pêcheries commerciales à l'aide de nasses. 10 000 adultes environ arrivent au niveau de Fredericton.

La productivité de la St John a été évaluée à 2 smolts pour 85 mètres carrés d'eau non polluée, et 170 m<sup>2</sup> d'eau polluée. Grâce à ces évaluations, la population de la St John a été chiffrée comme suit :

- . Tobique river et affluents : 220 000 smolts, soit 42 % du total,
- . Autres affluents : 220 000 smolts, soit 42 % du total,
- . St John river de Grand Fall à Beechwood : 30 000 smolts, soit 6 % du total,
- . St John river de Beechwood à Mactaquac : 50 000 smolts, soit 10 % du total.

La production totale du système hydrographique s'élève à 520 000 smolts.

1. 2. La pisciculture de Mactaquac

Elle occupe une superficie de 5,2 hectares sur la rive Sud de la St John. Elle est constituée de deux ailes couvertes abritant de petits bassins, reliées par les locaux administratifs, les salles d'incubation et le laboratoire. Les grands bassins d'élevage, à ciel ouvert, sont situés entre et de chaque côté de ces deux ailes. (Figure 22).

1. 2. 1. Approvisionnement en eau

La plus grande partie de l'eau nécessaire au fonctionnement est prise dans la rivière; cependant, l'état de pollution de la St John nécessite une alimentation par puits artésiens.

1. 2. 1. 1. Eau de la rivière :

La station dispose de trois prises d'eau situées dans le lac de retenue, contre le mur du barrage. Ces prises situées à des profondeurs différentes (1,5 m, 12 m et 21 m) permettent de réaliser plusieurs combinaisons selon la température et le degré de pollution. La température varie annuellement entre 0,5 et 21° C. L'eau est amenée directement à la pisciculture par pipelines.

1. 2. 1. 2. Puits artésiens :

Ils sont au nombre de trois, pouvant débiter, 29 000 litres par minute. Ils sont utilisés comme complément à l'eau de la rivière et permettent d'ajuster la température de l'eau. Ces puits sont également à trois niveaux différents ; les deux niveaux superficiels subissent des infiltrations de la rivière et leur température varie de 2 à 14° C. Le puit le plus profond est alimenté par une nappe d'eau à la température constante de 8° C.

1. 2. 1. 3. Mélangeur, dégazeur, contrôle :

Les eaux de diverses provenances sont mélangées, selon les besoins, au niveau d'une tour faisant office de château d'eau. L'eau y est également oxygénée et "dégazée" pour être débarrassée des gaz en sursaturation (azote en particulier).

L'état de pollution des eaux de la rivière et le risque de sursaturation des eaux en azote nécessitent un coûteux système de contrôle.

Un appareil contrôle et enregistre en permanence les caractéristiques physicochimiques de l'eau en différents points de la station. Le coût de ce dispositif s'élève à \$ 16 000.

### 1. 2. 2. Capture des géniteurs

Les géniteurs sont capturés dans une trappe perfectionnée au niveau du barrage (voir paragraphe II.3.2). Ils sont ensuite transportés par camion à la station où ils sont pesés. Les captures s'étendent de mai à octobre. Sur l'ensemble de la migration 1969, il a été possible de déterminer par la lecture des écailles les proportions suivantes :

- 47 % de grilses,
- 38 % d'adultes,
- 15 % d'indéterminés.

Environ 1 000 saumons et grilses sont retenus pour fournir les 1 800 000 oeufs nécessaires à la production de 500 000 smolts. Ces géniteurs sont marqués individuellement à l'aide de marques Carlin. L'excédent est relâché en amont du barrage pour alimenter la pêche sportive, et servir à la reproduction naturelle.

Les chocs subis par les adultes lors de la capture et du transport les rendent très vulnérables. Il devient impossible de les maintenir en vie pendant l'été dans l'eau trop chaude de Mactaquac (21° C) et les géniteurs sont transportés dans un bassin de maturation de la pisciculture de Newcastle (New Brunswick) à une centaine de milles de là. Situé à l'embouchure de la rivière Miramichi, ce bassin est alimenté par l'eau légèrement saumâtre de l'estuaire, dont la salinité est suffisante pour inhiber le développement du "fungus".

### 1. 2. 3. Fécondation artificielle

Elle a lieu à Newcastle. Les poissons sont repris dans le bassin à géniteurs et triés en fonction des marques qui indiquent leurs caractéristiques (origine, date de capture, taille, poids, etc...). Cette opération permet d'effectuer un programme de sélection commencé en juin 1969.

Ce programme a pour objet de déterminer les meilleurs poissons en se basant sur plusieurs critères : poids, longueur, fécondité, date de migration.

Le programme de migration 1969 a fonctionné avec 10 % de saumons de printemps, 60 % de saumons d'été et 30 % de saumons d'automne.

La fécondation est effectuée selon la technique de pression des flancs avec une proportion de 1 mâle pour 1 femelle. Les produits de ces géniteurs (215 croisements) ont été élevés séparément, ils devaient être relâchés au printemps 1971.

En 1970, on élimina les saumons d'automne de façon à ne sélectionner que les poissons intéressants les pêcheurs (période d'ouverture : 15 mai au 15 août).

Les croisements ont été effectués comme suit :



	mâles		femelles
Printemps	2 ans de mer	x	2 ans de mer
Eté	2 ans de mer	x	2 ans de mer
Eté *	grilses	x	2 ans de mer

\* Si le dernier croisement produit une prédominance de "grilses" il sera éliminé.

Au cours de l'été 1970, 0,12 % des smolts relâchés l'année précédente ont été repris dans la trappe du barrage.

#### 1.2.4. Incubation des oeufs

Après la fécondation artificielle, les oeufs sont transportés dans des containers (thermos) à Mactaquac, dans les 24 heures. Les oeufs sont répartis en 215 incubateurs "jarres" (paragraphe II.5.1.2).

En novembre 1970, les oeufs ont été placés dans différents types d'incubateurs afin de comparer les résultats.

- Incubateurs jarres,
- Bacs d'alevinage carrés en plastique transparent (paragraphe II.5.2.2) de couleurs différentes où les oeufs ont été déposés soit directement sur le fond soit sur des clayettes.
- Auges d'alevinage à clayettes.
- Incubateurs Heath (paragraphe II.5.1.1.2).
- Bacs circulaires en plastique.

L'éclosion se produit fin mars ; la température est alors de 7,8° C.

#### 1.2.5. Début de l'alimentation

Peu avant la fin de la résorption de la vésicule, les alevins sont transférés dans les bacs d'alevinage carrés.

Chaque bassin (0,80 m x 0,80 m) contient environ 6 000 alevins de saumon Atlantique soit la production d'une femelle.

C'est là qu'ils reçoivent leur première nourriture : Ewos Starter F 139, et Silvercup IVF 180 n° 1.

#### 1.2.6. Première année d'élevage

Au bout de 3 à 4 semaines, les jeunes poissons sont placés dans des bassins rectangulaires à angles arrondis de type suédois (paragraphe II.6.3.1), mesurant 1,80 m x 2,70 m. Ils sont au nombre de 204 disposés en 4 travées, groupées 2 par 2 dans chacune des ailes couvertes. Au dessus de chaque rangée, un chauffage aux infra-rouges permet d'éviter la formation de glace en hiver. Le débit d'eau fourni à ces bassins est fonction de leur charge en poissons, la capacité maximale étant de 23 kg par bassin.

Nb poissons/kg	Nb poissons/bassin	Débit l/minute	Profondeur d'eau (cm)
4 400	5 500	38	7,5
440	4 000	45	10
55	1 000	57	15

Tableau 11 : Capacité des petits bassins ( 3 m x 2 m )

Les granulés secs sont répartis 2 fois par heure par un distributeur automatique Nielson qui se déplace électriquement sur rails (paragraphe II,7.2 3). Deux nourritures sont utilisées :

- Ewos P 49, taille 2, 3, 4.
- Silvercup 180, taille 2, 3, 4.

1.2.7. Deuxième année d'élevage

Les poissons sont transférés dans 34 bassins de même type mais de taille supérieure ( 11 m x 11 m ) ; leur capacité maximum est de 820 kg de parrs par bassin.

Nb poissons/kg	Nb poissons/bassin	Débit l/minute	Profondeur d'eau (cm)
440	30 000	570	20
130	27 000	570	20-30
22	10 000	760	30
15	10 000	760	30-45
11	8 000	760	30-45

Tableau 12 : Capacité des grands bassins ( 11 m x 11 m )

1.2.8. Marquage

Avant le lâcher, 10 000 smolts de chaque groupe sélectionné sont étiquetés par marque Carlin à fil nylon, en fonction de l'origine des reproducteurs. La moitié de chaque groupe a été nourrie à l'Ewos, l'autre avec Silvercup ; les taux de retour diront éventuellement si ces différentes nourritures ont une influence sur les chances de survie des saumons.

Certains individus possèdent plusieurs marques ; étiquettes, ablation de nageoires et de maxillaires, ce qui permettra d'évaluer le pourcentage de poissons qui perdent leur marque fanion.

Les réponses se montent à \$ 3 pour les marques fanion retrouvées au Canada et à \$ 25 pour celles reprises au Grönland.

Le coût des opérations de marquage s'est monté en 1970 à \$ 52 par 1 000 smolts sans compter le prix des marques. Quatre personnes marquent 100 smolts en 7 minutes, pour les

ablations de nageoires, le rythme est de 100 smolts à la minute.

### 1.2.9. Fonctionnement de la pisciculture

La pisciculture fonctionne ordinairement avec 8 personnes comprenant :

- un directeur,
- un directeur adjoint,
- un biologiste,
- deux chauffeurs de camion,
- quatre autres employés.

Durant la période estivale, deux employés supplémentaires sont utilisés, ainsi que quatre autres pendant la période de marquage (3 à 4 semaines) .

Le "Resource Development Service" dispose en outre d'un spécialiste des maladies du saumon atlantique, chargé de la surveillance de toutes les piscicultures des Provinces Maritimes.

### 1.3. Coût, rentabilité, perspectives :

Le coût de construction de la Station piscicole de Mactaquac s'élève à \$ 3 500 000. Si on y ajoute le système de capture des géniteurs, l'investissement de départ était de \$ 5 000 000.

Il est actuellement difficile d'établir avec précision le prix de revient de chaque smolt, en raison des nombreuses expériences en cours et du lancement du programme de sélection. Il en résulte que le coût actuel est plus élevé qu'il ne devrait être. Selon les estimations de T. CAREY, biologiste, chaque smolt produit revient environ à \$ 0,50 soit 2,75 francs 1970.

Ce prix de revient relativement élevé est très supérieur à ce qu'il est en Irlande. Il est considérablement augmenté par les très mauvaises conditions hydrologiques, impliquant des frais de contrôle et de pompage très élevés se répercutant sur une consommation d'électricité importante (consommation mensuelle hivernale : \$ 6 000).

Malgré les inconvénients dus à la situation de la Station, on considère que le prix de revient par smolt pourra être ramené dans les années qui viennent à \$ 0,15 - 0,20 soit 0,85 à 1,10 francs.

## 2 - STATION PISCICOLE DE GASPE (QUEBEC) MINISTERE DU TOURISME DE LA CHASSE ET DE LA PECHE DU QUEBEC .

La station piscicole de Gaspé, propriété du gouvernement du Québec, est une des plus anciennes du Canada, elle date de 1875 et fut transportée à son emplacement actuel dès 1915. Depuis près de 100 ans, la station produit du saumon atlantique afin d'alimenter quelques unes des 103 rivières à saumon du Québec.

### 2.1. Installations, techniques utilisées

#### 2.1.1. Situation, approvisionnement en eau

La station est située sur la rivière York, tout près de l'estuaire qui se jette dans la baie de Gaspé. Elle fonctionne uniquement sur l'eau de la rivière qui est exempte de toute pollution. Des pompes prélèvent l'eau et la répartissent dans les différents bâtiments de la piscicul-

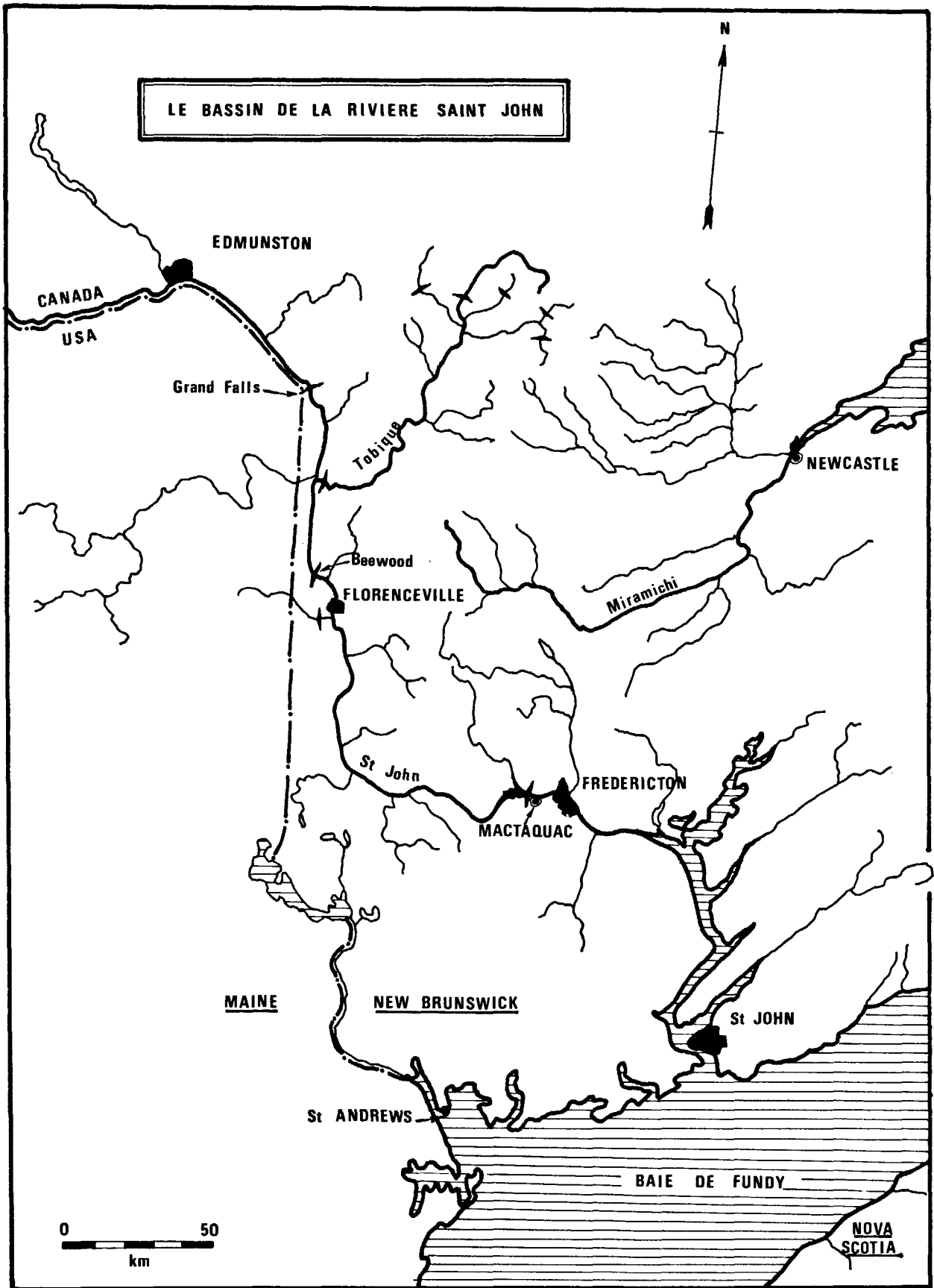


Fig. 21

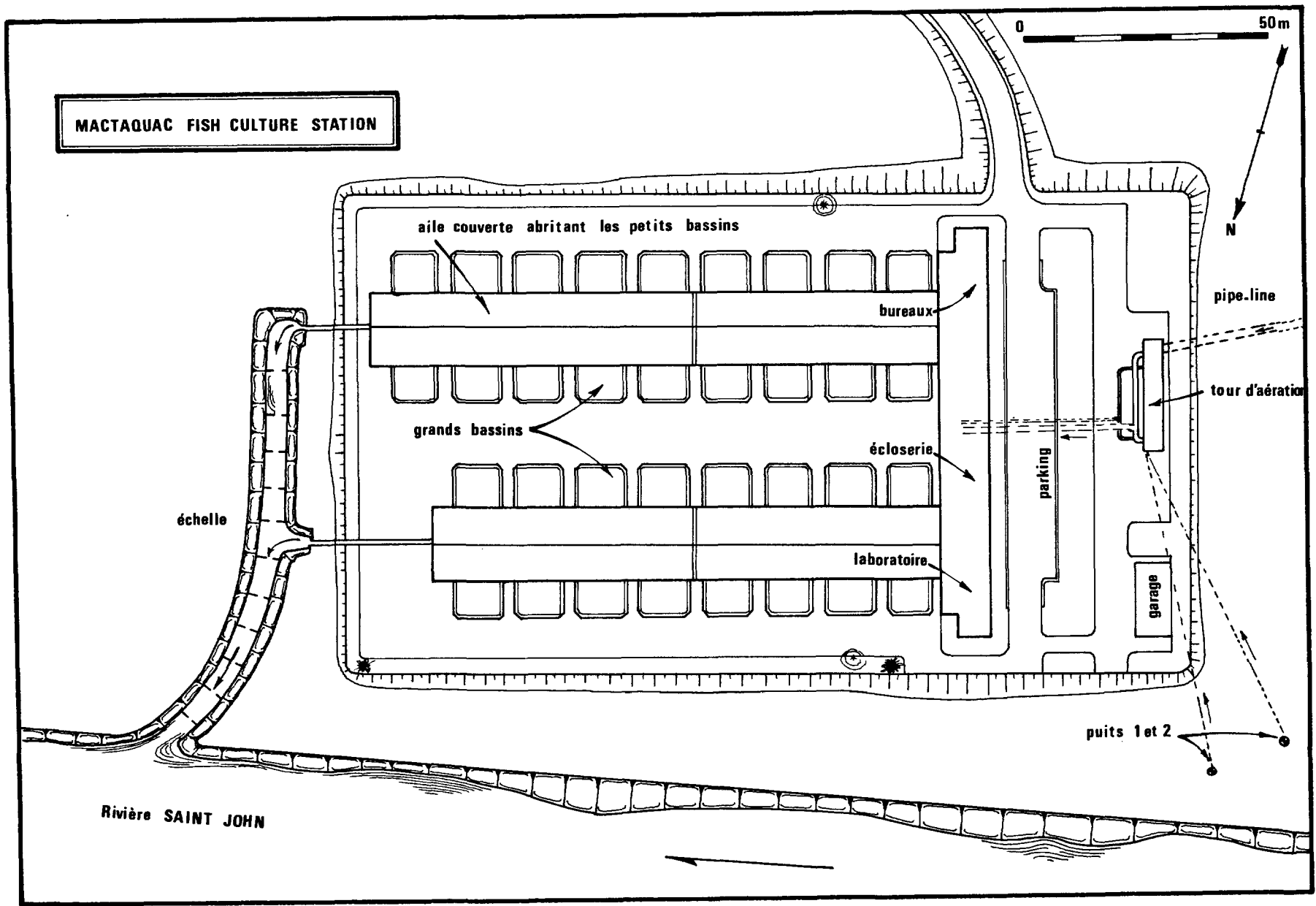


Fig. 22

- MACTAQUAC FISH CULTURE STATION -

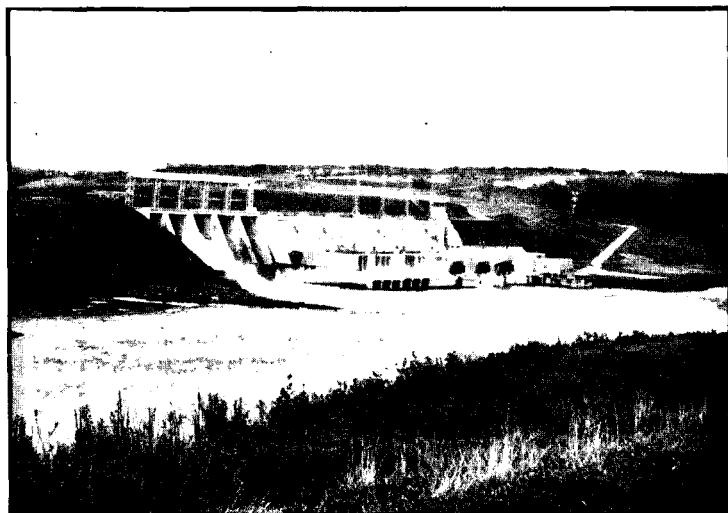


Photo 36 . Le barrage sur la rivière Saint John

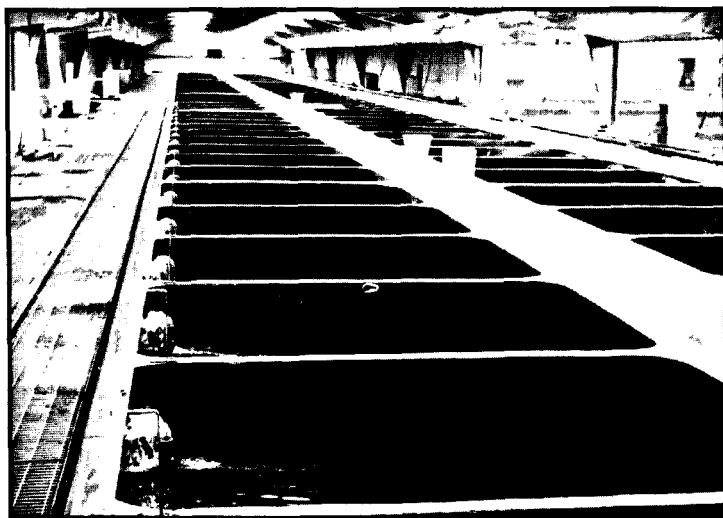


Photo 37 . Aile Nord abritant 96 bassins de type suédois (2m x 3m)

ture. L'eau de la rivière est très froide au printemps, ce qui a pour effet de ralentir la croissance des saumons. Les poissons d'un an mesurent au printemps 6 à 8 cm seulement alors que ceux de Mactaquac atteignent 9 à 11 cm.

2.1.2. Approvisionnement en poissons

Les géniteurs sont achetés à un pêcheur professionnel de Maria (Québec) au prix de \$ 25 pièce. En 1969, 176 saumons adultes furent achetés et stockés dans l'étang à saumons de Maria jusqu'à la saison de reproduction. Fin octobre, les géniteurs sont amenés à Gaspé par camions pour procéder à la fécondation artificielle.

2.1.3. Eclosion, incubation, début de l'alimentation

Dans les heures qui suivent la fécondation artificielle, les oeufs sont placés dans des jarres d'incubation en plexiglass en tous points semblables à celles de Mactaquac. Les oeufs d'une femelle sont incubés dans une jarre. Les alevins, après éclosion sont répartis dans des bassins d'alevinage carrés en plastique identiques à ceux de Mactaquac.

Ils séjournent dans ces bassins 3 à 4 semaines pendant lesquelles ils sont nourris avec du foie de boeuf puis avec des granulés Ewos.

2.1.4. Elevage

Les jeunes alevins sont ensuite transportés dans des bassins rectangulaires de type suédois, à courant hélicoïdal, avec évacuation centrale. Les parrs y séjournent deux années pendant lesquelles ils sont nourris grâce à un distributeur automatique fonctionnant sur

rails.

Les parrs servent à ensemencher plusieurs rivières de la région, mais la majorité n'est relâchée qu'après la smoltification.

2.2. Chiffres de fonctionnement 1969

2.2.1. Fécondation

Sur les 176 adultes achetés en 1969, la mortalité estivale fut de 5,7 %. La fécondation artificielle a eu lieu à Gaspé les 5, 12 et 19 novembre 1969. Le poids moyen des géniteurs était de 7,5 kg. Les 121 femelles utilisées ont produit 1 062 500 oeufs par la méthode de pression des flancs, soit une moyenne de 8 500 oeufs par femelle. Les oeufs ont été fécondés par le sperme de 41 mâles.

Le coût de fonctionnement de l'étang à saumons de Maria a été le suivant :

- location de terrain	\$	400
- salaire des employés	\$	6 147
- achat des géniteurs	\$	4 400
- frais de transport	\$	590
- entretien général	\$	120
Soit un total de	\$	11 257 pour l'année 1969.

2.2.2. Inventaire, production

- Poissons vivants le 1er janvier 1969

	nombre	Poids (livres américaines)
Saumons de 1968 (date d'éclosion)	175 561	1463
Saumons de 1967	116 430	5929

- Poissons vivants au 31 décembre 1969

Saumons de 1969	308 678	1837
Saumons de 1968	122 594	9081

- Production de la pisciculture ensemençée en 1969

Saumons de 1969	590 000	soit 485 livres
Saumons de 1967	115 000	soit 5 379 livres

- Saumoneaux étiquetés à Gaspé et relâchés en 1969

Date	Nombre	Nombre/livre	endroit
24 Mai	1 000	14 = 32,4 g/poisson	Rivière Miramichi (NB)
28 Mai	5 000	14 = " "	Rivière Matapédia (Québec)
29 Mai	5 000	14 = " "	Rivière Matane (Québec)
10 Juin	5 000	14 = " "	Rivière St Jean (Québec)
13 Juin	3 800	10 = 45,4 "	Rivière Darmouth (Québec)

- Pourcentages mensuels de mortalité au 31 Décembre 1969

(voir tableau 1)

2.2.3. Nourriture distribuée au cours de l'année 1969 (Ewos Dry pellets)

Saumons de 1969	5 361 livres soit	2 145 Dollars
Saumons de 1968	16 044 livres soit	6 417 Dollars
Saumons de 1967	5 377 livres soit	2 151 Dollars

- Prix moyen de quelques nourritures utilisées à Gaspé

Foie de boeuf	5,08 Francs/kilo
Granulés Ewos	4,75 Francs/kilo

	A N N E E											
	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Saumons de 1969	-	10 %	-	1,7 %	2,2 %	14 %	13,2%	4,9 %	7,6%	2,6 %	0,9%	0,48%
Saumons de 1968	4,8%	3,9%	3,9%	3,9 %	3,9 %	3,9%	1 %	7,7%	0,2%	0,12%	0,2%	0,13%
Saumons de 1967	0,10 %	0,22 %	0,20 %	0,32%	0,27 %	0,09 %	-	-	-	-	-	-

Tableau 1. POURCENTAGE MENSUEL DE MORTALITE AU 31 DECEMBRE 1969

Période	FRY		PARRS	
	Fréquence	Nourriture	Fréquence	Nourriture
2 premières semaines	Toutes les heures	Ewos + foie Starter F48	Toutes les heures	Ewos 3
3 à 6 semaines	"	" F2	"	3
6 semaines - 1er octobre	"	Ewos 2	"	3
1er octobre - 1er novembre	6 fois/jour	3	4 fois/jour	4
1er novembre - 1er juin	3 fois/jour	3	2 fois/jour	4

Les poissons sont nourris de 6 heures à 20 heures.

Tableau 2. PLAN DE DISTRIBUTION DE NOURRITURE



CHAPITRE II

REALISATIONS AMERICAINES

- CRAIG BROOK NATIONAL FISH HATCHERY - (BUREAU OF SPORT FISHERIES AND WILDLIFE)

Située à East Orland dans l'état du Maine, cette pisciculture fut construite en 1871 pour assurer le repeuplement en saumons atlantiques des rivières avoisinantes.

1 - Les installations.

La station est bâtie en bordure du lac Alamoosock dont l'eau est pompée dans un réservoir artificiel dominant l'ensemble des bassins alimentés par gravité.

Les géniteurs ne sont pas repris à la station, mais capturés dans des trappes placées dans les différentes rivières au moment de la remontée. Ils sont ensuite stockés dans un bassin de maturation cimenté alimenté par une source à la station même. La température relativement basse de cette source permet de garder les adultes avec peu de mortalité.

L'eau destinée au local d'incubation est traitée aux rayons ultra-violetts avant de passer dans un dégazeur. L'incubation a lieu sur plateau en auges d'alevinage ; des incubateurs Heath ont été également utilisés au cours de la saison 1970-1971.

La majorité des bassins est constituée par des "raceways" (20) auxquels sont venus s'ajouter par la suite deux bassins carrés de type suédois (11 m x 11 m) et deux bassins de type Burrows.

2 - Fonctionnement - Données relatives au déterminisme de la migration.

Une chaudière permet d'élever la température à environ 12° C pendant l'hiver et d'augmenter ainsi la vitesse de croissance des parrs. Les jeunes saumons qui, dans des conditions naturelles, se smoltifient au bout de 2 à 3 ans, dans l'état du Maine deviennent smolts en 1 an grâce aux conditions de températures de la station.

La migration d'avalaison a normalement lieu en Mai, cependant les smolts d'un an de la pisciculture de Craig Brook présentaient un comportement migratoire au mois de Mars. Les poissons relâchés à cette époque ont eu un pourcentage de retour négligeable dû en partie au choc thermique qui résultait de leur libération dans le milieu naturel.

Des expériences montrèrent que des poissons placés dans une semi-obscurité avaient un comportement migratoire plus tardif. Selon Roger DEXTER, biologiste de Craig Brook,

le comportement migratoire précoce était dû à un dérèglement des conditions d'éclairement pendant l'élevage. En effet, dans les conditions naturelles, les parrs de cette région vivent sous une épaisse couche de glace de Novembre à Mars. Le fait de chauffer l'eau empêche la formation de cette glace et perturbe le régime photopériodique.

Pour remédier à cet état de choses, la construction de toitures au-dessus de chaque bassin a permis d'obtenir le comportement migratoire au moment adéquat. Ceci est d'ailleurs très important car on peut s'attendre à une mortalité considérable (de l'ordre de 30 à 40 %) si on veut conserver des poissons déjà smoltifiés dans les bassins d'élevage.

Ces observations semblent en accord avec les théories relatives au rôle prépondérant de la photopériode sur la smoltification et le comportement migratoire.

La pisciculture de Craig Brook produit environ 200 000 smolts par an qui sont répartis dans différentes rivières de l'état du Maine : Machias, Narraguagus, Pennobscot, Pleasant, Sheepscot.

Une souche de saumons "landlocked" est élevée à la pisciculture ; les géniteurs sont maintenus toute l'année dans un grand bassin naturel en bordure du lac.

CRAIG BROOK

NATIONAL FISH HATCHERY

Photo 38 - Bassins couverts

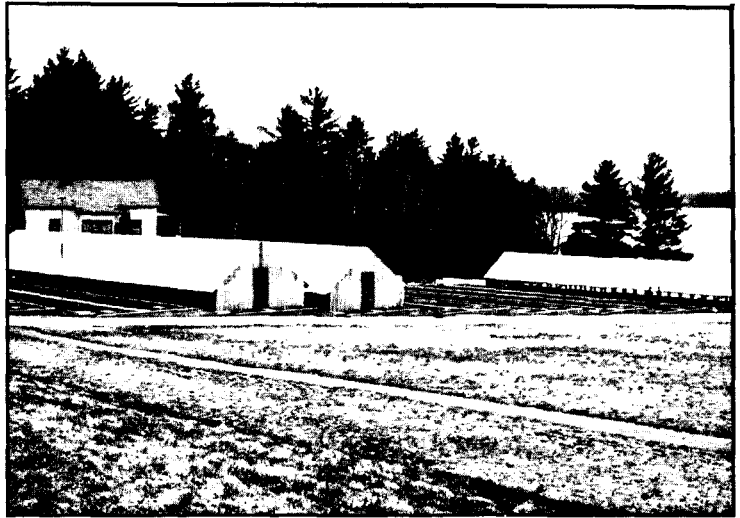
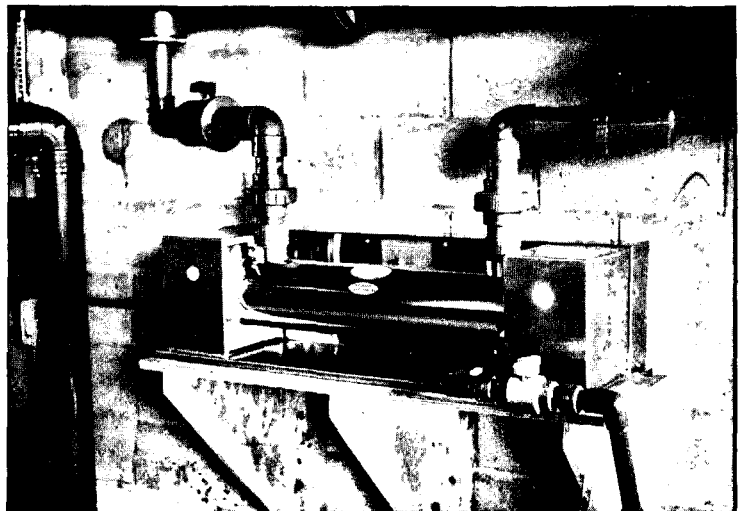


Photo 39 - Auges d'alevinage



Photo 40 - Stérilisation par radiation ultra violette



CHAPITRE III

AQUACULTURE MARINE - UNE APPLICATION AU CANADA

— SEAPOL FISHERIES LIMITED (NOVA SCOTIA)

Cette société s'est créée dans le but de produire des salmonidés élevés en milieu marin, destinés à la consommation. L'association des promoteurs se constitua dès 1963, et à la suite de diverses études de terrain, le choix se fixa sur une zone de 400 hectares située à 40 milles au nord d'Halifax, à Clam Bay en Nouvelle Ecosse.

Une usine expérimentale destinée à déterminer les conditions optimales de production fonctionna pendant deux années. Les résultats et les intérêts mis en évidence par une étude de marché aboutirent au projet commercial en 1969. La production initiale fut évaluée à 1760 tonnes de poisson frais par an.

En Juillet 1969, l'envoi régulier de truites arc-en-ciel de 250 g (vidées) sur Montréal débuta ; le produit rencontra un succès énorme. La production prévue sera atteinte en 1972.

Après avoir effectué le début de leur croissance en eau douce, les poissons sont progressivement convertis à l'eau de mer pure. Le système fonctionne en circuit fermé selon le principe défini par R. BURROWS (paragraphe II.2.3), où 10 % de l'eau est renouvelée. L'eau provient de plusieurs origines différentes :

- eau de rivière,
- eau de source,
- eau de mer pure,

avec toutes les combinaisons intermédiaires entre ces trois provenances.

1 - Incubation des oeufs.

Le local d'incubation est équipé d'incubateurs Heath exclusivement. Il est alimenté par un circuit fermé autonome fonctionnant avec de l'eau de source. Un dispositif de stérilisation à ultra-violet est utilisé pour purifier l'eau qui passe sur les oeufs.

La température est maintenue à 10° C pendant la période d'incubation. La capacité d'incubation totale est de 4 000 000 d'oeufs.

2 - Les bassins

La station est équipée de divers types de bassins.

2.1. Bassins circulaires de 7,5 m de diamètre.

Ils sont en plastique moulé, au nombre de 20 groupés en deux systèmes indépendants équipés chacun d'un filtre. Ce filtre, de forme rectangulaire allongée, occupe une position centrale entre deux files de 5 bassins.

2.2. Bassins circulaires de 15 m de diamètre.

Ces unités, également en plastique moulé sont du même type que les précédentes, mais elles sont placées en cercle autour d'un filtre central circulaire. Il existe 6 bassins de ce type.

Tous ces bassins d'élevage contiennent 13,5 kg de poisson/m<sup>3</sup>.

2.3. Bassin circulaire de 40 m de diamètre.

Ce bassin, premier d'une série de 6 qui sera complétée rapidement, a un fond constitué de galets formant un filtre sous-jacent. L'eau s'élimine par le fond, est débarrassée de ses résidus azotés, puis recyclée. Ces bassins qui reçoivent par deux arrivées tangentielles l'eau douce et l'eau salée, sont destinés à héberger les saumons quand ils atteindront une taille importante (5-15 kg).

2.4. Bassins de 150 m x 25 m.

Arrondis aux extrémités, ces deux bassins ont comme le précédent un filtre sous-jacent formé par une couche de graviers de 1,20 m d'épaisseur. L'ensemble de ces bassins peut contenir 140 tonnes de salmonidés.

2.5. Réservoirs d'eau de mer.

Deux réservoirs permettent de stocker l'eau de mer et ainsi de régler la salinité des bassins d'élevage.

Le "réservoir n° 2" d'une capacité de 1 450 000 m<sup>3</sup> capte l'eau de mer à marée haute, le niveau s'élève de 2,10 m à 2,70 m. L'eau est ensuite pompée dans le réservoir n° 1 qui reçoit également un apport d'eau douce. Ce dernier bassin a une capacité de 650 000 m<sup>3</sup>.

Un autre bassin, le "réservoir n° 3" collecte les eaux ayant traversé les bassins d'élevage, elles sont ensuite évacuées par la marée.

La température de l'eau de mer dans cette région varie de - 1° C à 15,5° C.

Les réservoirs 1 et 2 offrent des superficies importantes où les poissons ayant atteint un certain poids (250 g) peuvent être stockés à la belle saison avant d'être commercialisés. Ils trouvent là un appoint de nourriture naturelle qui permet l'affinage de la chair. Ces bassins trouveront une application idéale quand la station produira des saumons de taille importante. L'eau de mer permet d'autre part d'éviter le développement de la plupart des maladies.

2.6. Lacs artificiels.

Deux réservoirs ayant respectivement une capacité de 250 000 m<sup>3</sup> et 1 300 000 m<sup>3</sup> permettent le stockage de l'eau douce nécessaire à l'élevage des jeunes salmonidés.

3 - Dispositif de chauffage et d'énergie.

Afin d'obtenir les conditions optimales favorisant la croissance, la température de l'eau

doit être maintenue entre 12 et 13° C par chauffage.

Une chaudière développant une puissance de 800 CV permet d'une part de fournir le courant électrique nécessaire au fonctionnement de la station (à un prix inférieur à celui des compagnies d'électricité), et d'autre part de chauffer d'importantes masses d'eau par injection de vapeur.

En cas de panne du système, la station est branchée automatiquement sur le secteur, et si une nouvelle panne survient, un diesel de secours se met en marche.

Le chauffage de l'eau, qui n'intéresse qu'une petite partie de l'eau utilisée grâce au circuit fermé, s'est avéré extrêmement rentable. La croissance des individus est beaucoup plus rapide sans toutefois altérer la qualité de la chair comme cela se produit pour des poissons "forcés" dans un système où la température n'est pas contrôlée.

#### 4 - Nourriture utilisée.

Les besoins annuels s'élèvent à 2 700 tonnes de nourriture à salmonidés. Devant l'importance de la consommation, il a été décidé de produire la nourriture sur place, à la station même.

Il s'agit d'une nourriture à haute teneur en protéines, distribuée sous forme de granulés hydratés. Elle est fabriquée à partir de poissons plats, autolysés, additionnés de farine de poisson blanc, de produits laitiers, de crustacés et de sous-produits de coquillages. La conversion obtenue avec cette nourriture est excellente puisqu'elle atteint 1,5. 1000 à 1500 tonnes de cette nourriture seront en outre produits annuellement pour être vendus à d'autres piscicultures.

Ces granulés, riches en caroténoïdes assurent une chair de qualité excellente, et une couleur rouge caractéristique, très appréciée de la clientèle.

#### 5 - Production

##### Truites Arc-en-ciel :

La pisciculture commercialise actuellement 30 tonnes de truites fraîches par semaine. La qualité de ces poissons élevés en milieu marin remporte un vif succès auprès des consommateurs qui les reconnaissent à leur robe argentée.

Grâce au "re-use sytem", qui permet de régler la température de l'eau de façon économique, la croissance est rapide et il ne s'écoule que 9 mois entre la mise en incubation des oeufs et la commercialisation des poissons d'un poids de 250 g (vidés).

Les poissons sont pompés hors des bassins et précipités dans un bac où la température voisine de 0° C crée un choc thermique qui les foudroie. Les truites sont alors vidées, nettoyées, pesées et immédiatement disposées dans des containers en plastique, réfrigérés à l'avance. Une feuille plastique transparente, scellée sur le dessus du container permet à l'acheteur de voir le produit. Ces containers, contenant chacun 5 à 20 kg de truites sont immédiatement acheminés par avion sur Montréal où ils entrent dans les circuits de distribution.

##### Saumons :

La production s'oriente maintenant vers le saumon atlantique et le saumon chinook dont les oeufs sont importés de la côte pacifique. Ces poissons seront élevés dans les bassins d'eau

salée chauffée jusqu'au poids de 6 à 12 kg pour être fumés, et une partie de la production sera vendue fraîche à un poids de 1,5 à 6 kg.

Huîtres :

Des expériences actuellement en cours visent à réaliser des élevages mixtes avec d'autres animaux marins comme les huîtres.

Celles-ci, immergées par paniers dans le filtre même du "re-use system" ont montré une croissance étonnante, et il est question de profiter de l'eau de mer chauffée pour étendre la production.

Cette station qui emploie actuellement 40 personnes disposera bientôt d'un centre de recherches pouvant héberger 15 visiteurs scientifiques. La construction des installations à coûté 4 000 000 de dollars.

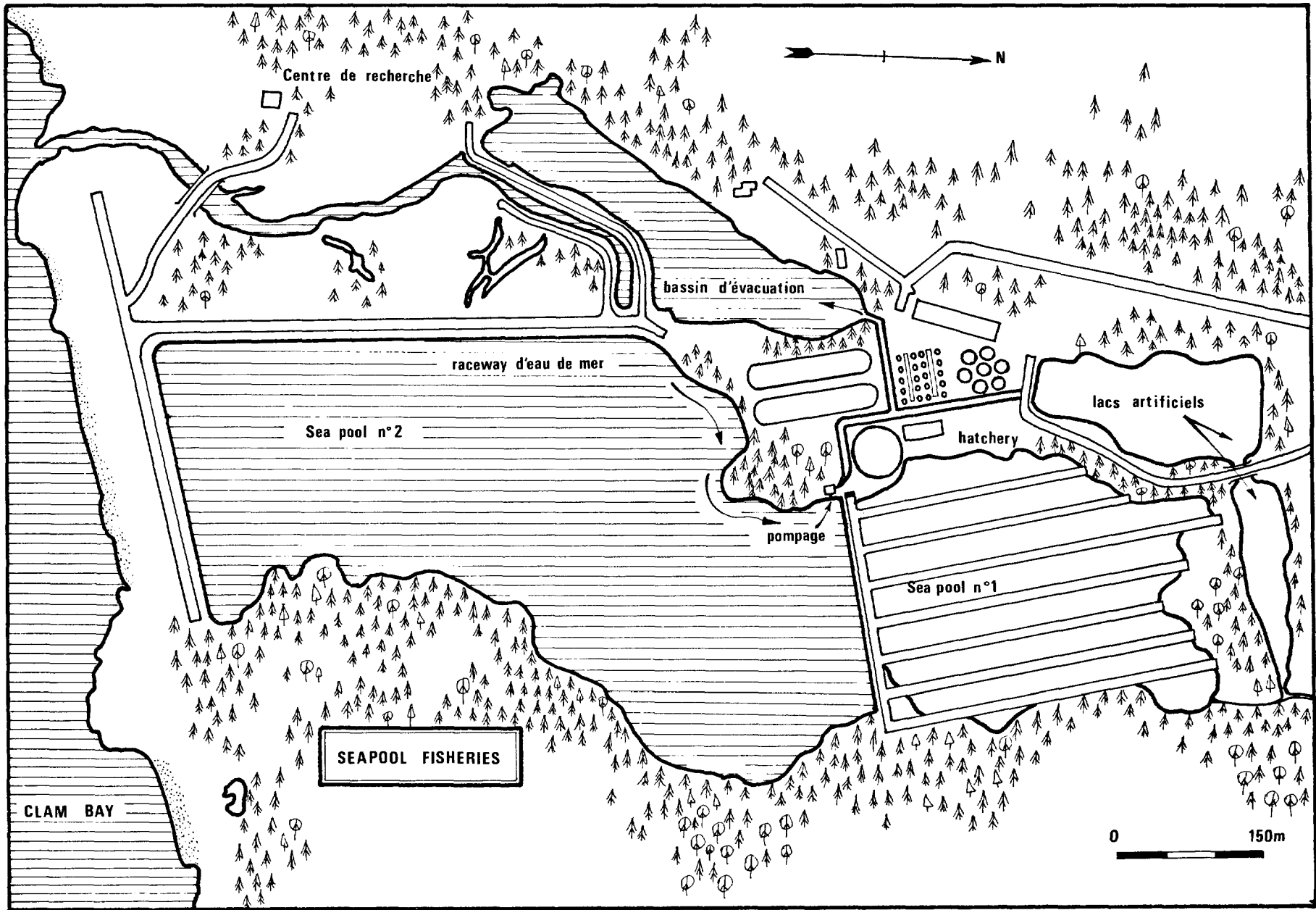


Fig. 23



## CONCLUSION

A la lumière des multiples observations que nous avons pu faire au cours d'un séjour d'une année aux Etats-Unis et au Canada, il apparaît évident que les méthodes d'élevage intensif des saumons sont actuellement au point. Cependant il ne faut pas exclure les nombreuses améliorations que pourront apporter, dans les années à venir, les recherches entreprises.

Malgré l'existence des piscicultures dans le bassin de la Columbia, depuis le début du siècle, la situation n'a cessé de se dégrader jusqu'aux années 1960-1962. Ce n'est qu'à partir de cette époque que l'on a assisté à un redressement spectaculaire, traduit par l'accroissement des stocks de saumons Chinook et Coho qui ont triplé de 1962 à 1967.

Ces succès ont coïncidé avec la mise au point de techniques nouvelles, dans divers laboratoires spécialisés dans les problèmes de l'élevage des salmonidés.

D'autre part, un effort similaire, bien que plus modeste, effectué en Suède, a abouti à des résultats très satisfaisants sur le saumon atlantique.

La mise en application de ces techniques sur la côte est de l'Amérique du Nord est très récente ; les premiers résultats sont encourageants malgré des conditions défavorables : écarts thermiques très importants ( la température de l'eau varie de 0° à 25° C) et pollution généralisée.

A la suite des premiers essais infructueux et de ces succès récents, il ressort que tout programme d'élevage de salmonidés amphibiotiques doit s'appuyer sur des bases technologiques déjà éprouvées, sous peine d'accumuler les échecs que les spécialistes étrangers ont eux-mêmes connus pendant plusieurs années. La mise en application des connaissances que nous avons pu acquérir durant ce séjour, implique une adaptation aux exigences climatiques et économiques françaises.

Avant le début des années 1960-1962, on se contentait d'utiliser les méthodes empiriques traditionnelles, avec le seul souci de maintenir les poissons en vie, durant leur séjour en pisciculture, sans trop se préoccuper de leurs chances de retour. Un groupe de chercheurs s'est attaché à définir les conditions optimales d'élevage pour obtenir une survie importante et des retours nombreux. De leurs expériences couronnées de succès, citées plus haut, nous devons tirer un certain nombre de leçons :

- En premier lieu il faut citer les progrès réalisés dans le domaine de la nourriture : c'est l'utilisation de l'OMP qui a été le facteur déterminant du redressement des années 60 sur la côte pacifique. Par la suite, la mise au point de l' "Abernathy dry" a apporté une solution aussi efficace et plus économique au problème.

Sur la côte atlantique, les granulés EWOS F 139 donneront des résultats identiques sans toutefois permettre un succès aussi notable, compte tenu des structures encore relativement

peu développées pour sauvegarder Salmo salar (saumon atlantique).

- Au même titre que la nourriture, la mise en service de bassins à courant rapide (type Suédois et type Burrows) a révolutionné l'élevage des smolts destinés au repeuplement. Les bassins circulaires connus depuis longtemps en pisciculture, ont été modifiés pour permettre, en particulier, un auto-nettoyage qui réduit la main d'oeuvre et améliore considérablement les conditions d'hygiène. Une expérience américaine effectuée sur deux lots de "fall chinook" a montré que le lot élevé en bassin "Burrows" présentait un taux de retour de 62 % supérieur à celui du lot témoin, élevé en raceway. Nous pouvons remarquer, d'autre part, que les taux de retour acceptables de saumons atlantiques sont généralement ceux des piscicultures équipées de bassins suédois.

- L'élevage en circuit fermé a permis d'augmenter notablement les pourcentages de survie et de retour par l'obtention d'une croissance plus rapide et d'une plus grande robustesse des smolts. Ce dispositif qui utilise un filtre biologique et éventuellement un système de chauffage, n'exige qu'une alimentation en eau représentant 5 à 10 % de l'eau circulante. Ce principe a permis d'obtenir en un an des smolts de truite Steelhead. L'opportunité de smoltifier en un an les parrs de saumon atlantique a été discutée, compte tenu des faibles taux de retours obtenus chez les smolts prématurés dans les pays nordiques. En France, une partie des tacons dévalent naturellement vers la mer après une année de vie en rivière et l'expérience citée plus haut mériterait d'être reprise sous nos climats. Dans le nord-ouest des Etats-Unis on considère que la construction d'une pisciculture d'Oncorhynchus, ne présentant pas cette installation, n'est pas justifiable actuellement. Toutes les nouvelles stations de la côte pacifique seront bâties sur ce modèle et les anciennes seront modifiées dans ce sens dès que les crédits seront débloqués.

- En Colombie Britannique, les Canadiens ont préféré les chenaux de frai et d'incubation aux écloseries. Cette solution qui consiste à augmenter artificiellement la surface des frayères naturelles par la création de gravières à galets calibrés, a paru plus économique que l'élevage en pisciculture. Ce dispositif permet le contrôle partiel du débit et des caractéristiques physiques de l'eau.

Le rapport indirect d'une telle installation s'est montré 7 fois supérieur à la dépense pour la production commerciale des saumons Sockeyes, Chum et Pink.

Une adaptation semblable sur le saumon atlantique, devrait être tentée, à petite échelle, pour déterminer les exigences de cette espèce en frayère artificielle. Une expérience similaire aurait été réalisée dans la province de Terre-Neuve.

Si nous comparons les résultats obtenus sur la côte pacifique et la côte est, il apparaît que le développement spectaculaire des populations d'Oncorhynchus contraste avec l'évolution discrète des stocks de saumons atlantiques.

Cette différence est due surtout à l'important effort financier qui a été consenti dans le nord-ouest des Etats-Unis où le saumon du Pacifique a un rôle économique capital. Une telle expansion de la salmoniculture n'a pu être entreprise dans l'est, compte tenu de l'état de pollution et de dégradation des rivières.

Cependant, il faut noter que le comportement des Oncorhynchus en élevage diffère de celui du saumon atlantique, par de nombreux caractères :

- Les saumons Chinook et Coho ne restent naturellement pas plus de 17 mois en eau douce ; la production d'une année peut donc être relâchée l'année suivante (4 mois après l'éclosion pour le "fall chinook"). Le saumon atlantique séjourne deux ans en eau douce si bien qu'en éclosion, chaque génération occupe les bassins disponibles durant ce temps ce qui réduit la production annuelle de la pisciculture tout en augmentant le prix de revient du smolt.

- Les parrs d'Oncorhynchus se répartissent, en bassins, dans tout le volume d'eau disponible. Il est ainsi possible d'élever de 15 à 30 kilogrammes de poissons par mètre cube d'eau. Les parrs de saumon atlantique se répartissent uniquement sur le fond et la charge du bassin ne peut s'évaluer en fonction du volume d'eau, mais de la surface disponible. Ainsi la charge de 10 kg de parrs par mètre carré est considérée comme un maximum. Il résulte de ces faits, que la production des piscicultures d'Oncorhynchus est toujours nettement supérieure à celle des éclosiers de saumons atlantiques. Il faut noter à ce sujet qu'une station de la Columbia peut produire annuellement de 5 à 17 millions de smolts par an lorsque le centre de Mactaquac n'atteint que 500 000 smolts de saumons atlantiques.

Cette déficience est généralement compensée par un taux de retour supérieur chez les géniteurs de saumons atlantiques. Un pourcentage de retour de géniteurs de 0,175 % est considéré satisfaisant chez le fall chinook. Ce même pourcentage peut varier de 0,5 % à 12 % chez le saumon atlantique.

Il est évident que ce dernier avantage du saumon atlantique ne peut être considéré que dans le cas du repeuplement des rivières.

Dans le domaine de l'aquaculture marine, l'Oncorhynchus semble nettement plus intéressant par le fait qu'il supporte des charges de bassins deux ou trois fois plus fortes et que sa croissance est plus rapide à une température donnée.

Compte tenu de ces facteurs, nous pensons qu'il serait très intéressant de tenter l'acclimatation des saumons Chinook et Coho dans un but d'aquaculture marine et de peuplement de nos cours d'eau impropres au saumon atlantique. Un projet de cette envergure passe par une information des pays concernés d'Europe occidentale.

La situation actuelle du saumon en France nécessite un effort impératif dans le domaine de la salmoniculture :

- En effet nos rivières à saumons se dégradent rapidement et l'existence même de ce poisson est devenue très précaire.

- D'autre part, le montant des importations de saumons (108 000 000 en 1970) pose un problème important.

Ces considérations impliquent deux voies différentes qui devront figurer dans un programme de salmoniculture en France.

- La production des smolts destinés à être relâchés à partir de l'éclosion au moment de leur migration vers la mer. Cette opération peut être destinée à développer une pêche d'intérêt touristique ou une pêche maritime commerciale.

- L'aquaculture des saumons destinés à la vente. Cet élevage peut être réalisé en eau de mer dans un centre alimenté par un apport d'eau douce suffisant pour assurer l'incubation et le développement des très jeunes alevins.

La rentabilité indirecte d'une installation destinée au réempoissonnement des rivières dans un but touristique est difficile à évaluer : il est cependant certain que l'intérêt d'une telle opération est loin d'être négligeable surtout dans les régions où la saison touristique, dans le contexte actuel, ne dépasse pas deux mois. D'après le Pr ROULE, la Bretagne produisait annuellement avant la révolution 4 500 tonnes de saumon, soit plus du double des captures effectuées actuellement par les pêcheries maritimes à l'ouest du Groenland ! Aujourd'hui la situation a bien changé, et à l'époque des loisirs, trop de vacanciers exportent nos devises pour aller chercher ailleurs ce que le territoire français ne peut plus leur offrir : en 1969, 200 000 Français sont partis pour l'étranger avec comme motif numéro un la pêche.

D'après une étude effectuée au Québec, il ressort que le kilo de saumon pris à la ligne rapporte 176,40 F à la province. Une annonce publiée aux États-Unis, par les soins du Consul de France à Chicago et destinée à sonder un marché éventuel a reçu en quelques jours 80 réponses favorables à la question : "voulez-vous venir pêcher le saumon en Bretagne" ! Il a bien sûr fallu décommander . . .

L'autre aspect d'un programme réempoissonnement peut être envisagé sur le plan des captures commerciales. Un tel projet a été amplement réalisé sur les côtes du nord-ouest des États-Unis, où on considère que le rapport des piscicultures de la Columbia est 2 à 3 fois supérieur à la dépense. En 1967, les 7 000 tonnes de saumon (Chinook et Coho) produites par ces écloséries ont rapporté \$ 7,5 millions. L'investissement initial se montait à \$ 13,6 millions et le fonctionnement à \$ 2 millions par an. Ces chiffres ont été calculés à une période où les piscicultures n'avaient pas atteint leur plein rendement ; les services américains considèrent que la somme des captures de cette région devrait s'élever à 12 000 tonnes. Dans ce cas, les frais de fonctionnement augmenteraient d'1/3 mais le rapport serait plus de 6 fois supérieur à la dépense.

Des études de frais de fonctionnement ont montré que dans une petite pisciculture, le prix de revient par livre de poisson est environ deux à trois fois plus élevé que dans une grande.

Dans un autre domaine, celui de l'aquaculture commerciale, les salmonidés constituent un matériel de choix :

- Leur élevage ne pose que peu de problèmes par comparaison aux autres poissons marins ; leurs oeufs démersaux de grosse taille peuvent être incubés en masse sans les difficultés que présentent les oeufs et larves pélagiques.

- Leur croissance est rapide : pendant leur vie marine, les saumons Coho passent en dix mois de 25 grammes à 1,5 kilo, sept mois plus tard ils atteignent 4,5 à 7 kilogrammes.

- Leur prix est élevé (38,00 frais et 120 F/kilo fumé).

L'intérêt de produire le saumon par l'aquaculture est d'autant plus évident que la demande croissante sur le marché français ne peut être satisfaite à l'heure actuelle que par l'importation.

Si on compare les conditions climatiques \* des pays producteurs de saumon, il apparaît nettement que les étés tempérés et les hivers cléments du nord-ouest de la France donnent à ce pays des conditions idéales pour réaliser un programme de salmoniculture dont les multiples intérêts justifieraient pleinement la réalisation.

---

\* Les conditions idéales de températures de l'eau se situent entre 12° C et 17° C, variations annuelles observées sur les côtes de Bretagne.

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON D.G. and G.W. KLONTZ - 1969

Precipitating antibody against *Aeromonas salmonicida* in serums of inbred albino Rainbow trout.  
J. Fish. Res. Bd Can. , 27 (8) : 1389-1393.

BAYLEY J. E. - 1969

Alaska's fisheries resource.  
Fishery Leaflet. Fish Wildl. Serv. U.S. 619.

BEDELL J. E. - 1969

Pumping fish in California.  
Progve Fish. Cult. 31 (4) : 233-235.

BOULINEAU J.J. et Y. HARACHE - 1969

Projet d'aquaculture sur le terrain de l'Aber en Crozon.

BRANNON E. L. - 1967

Genetic control of migrating behaviour of newly emerged Sockeye salmon fry.  
Prog. Rep. int. Pacif. Salm. Fish. Comm n° 16.

BURROWS R. E. - 1951

A method for enumeration of salmon and trout eggs by displacement.  
Progve. Fish. Cult. 13 (1) 25-30.

BURROWS R. E. - 1951

An evaluation of methods of eggs enumeration.  
Progve Fish. Cult. 13 (4) : pp

BURROWS R. E. - D. J. PALMER and H. W. NEWMAN - 1952

Effects of injected pituitary material upon the spawning of blueback salmon.  
Progve Fish. Cult. 14 (3) : 113-116.

BURROWS R. E. and H. H. CHENOWETH - 1955

Evaluation of three types of rearing ponds.  
Res. Rep. US. Fish. Wildl. Serv. n° 39.

BURROWS R. E. - 1957

Diversion of adult salmon by an electrical field.

Spec. Scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. Fisheries n° 246.

BURROWS R. E. - 1960

Holding ponds for adult salmon.

Spec. Scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. Fisheries n° 357.

BURROWS R. E. - 1964

Effect of accumulated excretory products on hatchery reared salmonids.

Res. Rep. U.S. Fish. Wildl. n° 66.

BURROWS R. E. and B. D. COMBS - 1968

Controlled environment for salmon propagation.

Progr Fish Cult. 30 (3) : 123-127.

BURROWS R. E. - 1969

The influence of fingerling quality on adult salmon survivals.

Trans. Am. Fish. Soc. 98 (4) : 777-784.

BURROWS R. E. - 1970

The rectangular circulating rearing pond.

Progr Fish Cult. 32 (2) : 67-80.

BUTTERBAUGHT G. L. - 1967

A feeding guide for brook, brown and rainbow trout.

Progr Fish Cult. 29 (4) : 210-215.

CAREY and KRAMER, Consulting engineers, 1966

Dworshak dam and reservoir

Design memorandum n° 14.1.

CAREY and KRAMER, Consulting engineers, 1966

John Day dam and reservoir Spring Creek Fish Hatchery.

Design memorandum n° 46.

CLEAVER F. - 1969

Recent advances in artificial culture of salmon and steelhead trout of Columbia river.

Fishery Leaflet. Fish Wildl. Serv. U.S. 623.

COLLINS G. B. - C. H. ELLING - J. R. GAULEY and C. THOMPSON - 1963

Effect of fishway slope on performance and biochemistry of salmonids.

Fishery Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S. 63 (1).

COMBS B. D. and R. E. BURROWS - 1958

An evaluation of bound diets.

Progr Fish Cult. 20 (3) : 124-128.

COMBS B.D. - R.E. BURROWS and R.G. BIGEG - 1959

The effect of controlled light on the maturation of the adult Blueback.

Progve Fish. Cult. 21 (2) : 63-69.

COMBS B.D. and R.E. BURROWS - 1959

Effect of injected gonadotrophins on maturation and spawning of Blueback salmon.

Progve Fish Cult. 21 (3) : 165-168.

COMBS B.D. - W.W. HEINEMAN - R.E. BURROWS - A.E. THOMAS and L.G. FOWLER - 1962

Protein and calorie levels of meat meal, vitamin supplemented salmon diet.

Spec. Scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. Fish n° 432.

CRAMER F.K. and I.J. DONALDSON - 1964

Evolution of recovery nets used in tests on fish passage through hydrodynamic turbines.

Progve Fish Cult. 26 (1) : 36-41.

DELL M.B. - 1968

A new fish tag and rapid cartridge fed applicator.

Trans. Am. Fish. Soc. 97 (1) : 57-59.

DE LONG D.C. - J.E. HALVER and E.T. MERTZ - 1958

Nutrition of salmonoid fishes - VI - Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures.

J. Nutr. 65 (4) : 589-599.

DECKER F.L. - 1967

Fishways in Maine.

Publs Maine Dep. on Inld. Fish. Game.

DONALDSON L.R. and D. MENASVETA - 1961

Selective breeding of Chinook salmon.

Trans. Am. Fish. Soc. 90 (2) : 160-164.

DONALDSON L.R. - 1970

Selective breeding of salmonoid fishes.

Contr. Univ. Wash. College Fish. n° 315.

ELLIOT J.W. - L.G. FOWLER and R.E. BURROWS - 1966

Effect of age, diet, on characteristics of salmon fingerlings.

Tech. Pap. Bur. Sport Fish. Wildl. n° 8.

EVEREST F.H. and E.H. EDMUNDSON - 1967

Cold branding for field use in marquing juvenile salmonids.

Progve Fish Cult. 29 (3) : 175-176.

FOWLER L.G. and E.W. WOOD - 1966

Effect of type of supplementary dietary fat on Chinook fingerlings.

Progve Fish Cult. 28 (3) 123-127.

FOWLER L. G. and J. L. BANKS - 1967

Tests of different components in the Abernathy salmon diet 1966-1967.  
Tech. Pap. Bur. Sport Fish Wildl. n° 13.

FOWLER L. G. and J. L. BANKS - 1969

Tests of vitamin supplement and formula changes in the Abernathy salmon diet.  
Tech. Pap. Bur. Sport. Fish. Wildl. n° 26.

FREEMAN R. I. - D. C. HASKELL - D. L. LONGANE and E. W. STILES - 1967

Calculations of amounts to feed in trout hatcheries.  
Progve Fish Cult. 29 (3) : 194-209.

FUJIHARA M. P. and R. E. NAKATANI - 1967

Cold and mild heat branding of fish.  
Progve Fish Cult. 29 (3) : 172-174.

FULTON L. A. and H. A. GANGMARK - 1953

Trial of the Denil type fish ladder on Pacific salmon.  
Spec. Scient. Rep. U. S. Fish Wildl. Serv. Fisheries n° 99.

GARRISON R. L. - 1967

Coho salmon smolts in ninety days  
29 (4) : 219-220.

GAULEY J. R. and C. S. THOMPSON - 1962

Further studies on Fishway slope and its effects on rate of passage of salmonids.  
Fish. Bull. 63 (1).

GAULEY J. R. and C. S. THOMPSON - 1963

Further studies on fishways slope and its effects on rate passage of salmonids.  
Fish. Bull. 64 (1).

GAULEY J. R. - 1966

Effect of water velocity on passage of salmonids in a transportation channel.  
Fishery Bulletin 66 (1) : 59-63.

GROVES A. B. and A. J. NOVOTNY - 1965

Thermal marking technic for juvenile salmonids.  
Trans. Am. Fish Soc. 94 (4) : 386-389.

HALVER J. E. - 1957

Nutrition of salmonoid fishes - III - Water soluble requirements of Chinook salmon.  
J. Nutr. 62 : 225-243.

HALVER J. E. - D. C. DE LONG and F. T. MERTZ - 1958

Nutrition of salmonoid fishes - V - Classification of essential amino-acids for Chinook salmon.  
J. Nutr. 63.



HALVER J. E. - 1970

Nutrition in marine aquaculture.

Pub. By Marine aquaculture.

HASKELL D. C. - 1969

Trout growth in hatcheries.

New-York Fish and Game Journal 6 (2) : 204-237.

HORAK D. L. - 1969

The effect of fin removal on stamina of hatchery reared rainbow trout.

Progve Fish Cult. 31 (4) : 217-220.

HUTCHINSON R. E. and L. E. PERRY - 1964

Columbia river Fishery program.

Fish and Wildlife service, Circular 192.

JOHNSON J. H. - 1957 -

Sonic tracking of adult salmon at Bonneville dam.

Fishery Bulletin 176.

JOHNSTON C. E. and J. G. EAGLES - 1968

Influence of temperature and photoperiod on guanine and hypoxanthin levels in skin and scales of Atlantic salmon during parr-smolt transformation.

J. Fish. Res. Bd. Can. 25 (9) : 1901-1909.

JOHNSTON C. E. and J. G. EAGLES - 1970

Influence of body size on silvering of atlantic salmon at parr-smolt transformation.

J. Fish. Res. Bd. Can. 27 : 983-987.

KLONTZ G. W. - W. T. YASUTAKE and T. J. PARISOT - 1965

Virus diseases of salmonidae in Western United States - III - Immunopathological aspects.

Ann. New-York Acad. of Sciences, 126 (1) : 531-541.

KNITTEL M. D. - 1966

Tropical applications of malachite green for control of common fungus infections in adult spawning Chinook salmon.

Progve Fish Cult. 28 (1) : 51-53.

KRANTZ G. E. - J. M. REDECLIFF and C. E. HEIST - 1964

Immune response of trout to *Aeromonas salmonicida*.

Progve Fish. Cult. 26 (1).

LEITRITZ E. - 1962

Trout and salmon culture.

State of California Fish and Game Bulletin n° 107.

LINDSCOTT S. P. and D. O. LOCKE - 1967

Fish Culture in Maine.

Maine Dept. of Inland Fisheries and Game.

MAC KINNON D. F. - 1969

Effect of mineral enrichment on the incidence of white spot disease.  
Progve Fish Cult. 31 (2) 74-78.

MARKUS H. C. - 1962

Hatchery reared Atlantic salmon smolts in ten months.  
Progve fish Cult. 24 (3) : 127-130.

MIGHELL J. L. - 1969

Rapid cold-branding of salmon and trout with liquid nitrogen.  
J. Fish. Res. Bd. Can. 26 (10).

MILLER J. G. - 1965

Advances in the use of air in taking eggs from trout.  
Progve Fish Cult. 27 (4) : 234-237.

MONAN G. E. - 1966

Aids to fish tattooing.  
Progve Fish Cult. 28 (1) 57-59.

NETBOY A.

The Atlantic salmon, vanishing species ? (1968)  
Faber and Faber ed. 24 Russel Square, London.

NOVOTNY D. L. and G. F. ESTERBERG - 1962

A 132 kilocycle sonic tag.  
Progve Fish Cult. 24 (3) : 139-141.

PALMER D. E. - L. A. ROBINSON and R. E. BURROWS - 1951

Feeding frequency, its role in the rearing of blueback salmon fingerlings in through.  
Progve Fish Cult. 14 (4) : 205-212.

PARISOT T. J. - W. T. YASUTAKE and G. W. KLONTZ - 1965

Virus diseases of salmonids in Western United States - I - Etmology and Epizootiology.  
Ann. New-York Acad. of Sciences 126 (1) : 502-519.

PHINNEY D. E. and S. B. NATTEWS - 1968

Field test of fluorescent pigment marking and fin-clipping of Coho salmon.  
J. Fish. Res. Bd. Can. 26 (6).

ROBINSON W. R. and P. VERNESONI - 1969

Low cost circular concrete ponds.  
Progve Fish Cult. 31 (3) : 180-182.

RUCKER R. R. and D. F. AMEND - 1969

Absorption and retention of organic mercurials by rainbow trout and Chinook and Sockeye salmon.  
Progve Fish Cult. 31 (4).

SAUNDERS R. L. and K. R. ALLEN - 1967

Effect of tagging and fin-clipping on the survival and growth of Atlantic salmon.  
J. Fish. Res. Bd. Can. 24 : 2595-2629.

SAUNDERS R. L. - 1968

An evaluation of two methods of attaching tags to Atlantic salmon.  
Progve Fish Cult. 30 (2) : 104-109.

SAUNDERS R. L. and E. B. HENDERSON - 1969

Survival and growth of Atlantic salmon smolts and post-smolts in relation to salinity, temperature and diet.  
Tech. Rep. Fish. Res. Bd. Can. n° 149.

SAUNDERS R. L. and E. B. HENDERSON - 1969

Survival and growth of Atlantic salmon parrs in relation to salinity.  
Tech. Rep. Fish. Res. Bd. Can. n° 147.

SAUNDERS R. L. and E. B. HENDERSON - 1970

Influence of photoperiod on smolt development and growth of Atlantic salmon.  
J. Fish. Res. Bd. Can. 27 (7) : 1295-1311.

SCIDMORE W. J. and D. E. OLSON - 1969

Marking Walleye fingerlings with oxytetracycline antibiotics.  
Progve Fish Cult. 31 (4) : 213-216.

SLATICK E. - 1970

Passage of adult salmon and trout through pipes.  
Spec. Scient. Rep. U.S. Fish. Wildl Serv. Fisheries n° 592.

SNIESKO S. F. - 1965

Survey, reporting and certification of disease in fish production.  
Progve Fish Cult. 27 (3) : 129-133.

THOMAS A. E. - R. E. BURROWS and H. H. CHENOWETH - 1964

A device for stamina measurement of fingerlings salmonids.  
Res. Rep. U.S. Fish. Wildl. n° 67.

THOMAS A. E. - 1969

Mortality due to Leech infestation in an incubation channel.  
Progve Fish Cult. 31 (3) 164-165.

THOMAS A. E. and J. M. SHELTON - 1968

Operation of Abernathy channel for incubation of salmon eggs.  
Tech. Pap. Bur. Sport Fish Wildl. n°

THOMPSON C. S. and J. R. GAULEY - 1965

Laboratory evaluation of the 1/10 slope ice Harbor dam fishway design.  
Fish. and Wildl. Serv. Spec. Scient. Rep. U.S. Fish. Wildl. Serv. Fisheries n° 504.

THOMPSON C.S. - 1970

Effect of flow on performance and behaviour of Chinook salmon in fishways.  
Spec. Scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv. Fisheries n° 601.

TREFETHEN P.S. - 1968

Fish passage research, review of progress, 1961-1966.  
Fish and Wildl. Serv. Circular 254.

WEAVER C.R. - 1963

Influence of water velocity upon orientation and performance of adult migrating salmonids.  
Fishery Bulletin. 63 (1) : 97-121.

WEBER D. and G.J. RIDGEWAY - 1962

The deposition of tetracycline drugs in bones and scales of fishes and its possible use for marking.  
Progve Fish Cult. 24 (4) : 150-155.

WEBER D. and G.J. RIDGEWAY - 1967

Marking pacific salmon with tetracycline drugs.  
J. Fish. Res. Bd. Can. 24 (4).

WENDT C. - 1967

Mortality in hatchery reared *Salmo salar* after exercise.  
Institute of freshwater research, Drottningholm, Report n° 47.

WOOD E.M. and W.T. YASUTAKE - 1955

Histopathology of kidney disease in fish.  
Am. J. pathology XXXII (4) : 845-857.

WOOD J.W. - 1968

Diseases of pacific salmon, their prevention and treatment.  
Fish. Publs Wash. St.

WOODALL A.N. and G. LAROCHE - 1964

Nutrition of salmonoid fishes - XI - Iodide requirements of Chinook salmon.  
J. Nutr. 82 (4) : 475-482.

YANAMAHYA Y. and M. TUGE - 1968

The use in fisheries of defensive conditioned reflexes in young Chum salmon.  
Problems in Ichthyophysiology. 8, 6, 834-837.

YASUTAKE W.T. and T.J. PARISOT - 1965

Virus diseases of the Salmonidae in Western United States - II - Aspects of pathogenesis.  
Ann. New-York Acad. of Sciences 126 (1) : 520-530.

ZAUGG W.S. and L.R. MAC LAIN - 1969

Inorganic salt effects on growth, salt water adaptation and gill ATPase of Pacific salmon.  
Fish in Research 1969.

ZAUGG W.S. and L. R. MAC LAIN - 1970

Adenosine triphosphatase activity in gills of salmonids ; seasonal variations and salt water influence in Coho salmon.

Comp. Biochemic. Physiol. 35 : 587-596.

ZIMMER P.D. - 1964

A salmon and steelhead incubation box.

Progve Fish Cult. 26 (3) : 139-142.

A N N E X E

IMPORTATIONS FRANCAISES DE SAUMON - 1970

La production actuelle française est insignifiante devant l'ampleur de la demande ; les captures des inscrits maritimes bénéficiant encore de privilèges anciens sont sporadiques et échappent à tout contrôle. Devant la carence d'une production régulière et suffisante, les utilisateurs doivent se tourner vers l'importation. L'impact économique est d'autant plus important que 94 % des saumons importés proviennent du Pacifique, commercialisés par des pays étrangers au marché commun : Japon, Canada, Etats-Unis, U. R. S. S.

Les importations se font sous trois formes :

- Conserves.

1967 :	1 541 tonnes	8 713 000 F
1968 :	2 582 tonnes	14 500 000 F
1969 :	2 660 tonnes	16 760 000 F
1970 :	2 126 tonnes	15 743 000 F

Détail des importations de 1970 :

Pays-Bas	23 t	728 000 F
Grande-Bretagne	15 t	87 000 F
Norvège	9 t	79 000 F
U. R. S. S.	779 t	4 913 000 F
Etats-Unis	30 t	186 000 F
Canada	79 t	193 000 F
Japon	1 158 t	8 054 000 F
Divers	7 t	58 000 F
<hr/>		<hr/>
hors zone franc	2 100 t	14 298 000 F
- CEE	26 t	758 000 F
zone franc	2 t	13 000 F
<hr/>		<hr/>
	2 128 t	15 069 000 F

- Frais, réfrigéré, congelé.

1° - Destiné à être fumé (1969)

- U.S.A. , Canada : 2 000 t

(+) Ce sont à 99 % des saumons du Pacifique : Coho et Chinook, et à 1 % du saumon atlantique. Les établissements Desca qui possèdent la plus grande fumerie de saumon d'Europe utilisent les 3/4 de ces importations.

2° - Consommation directe.

- L'ensemble des importations 1970 :

Grande-Bretagne	224 t	3 854 000 F
Irlande	155 t	2 459 000 F
Norvège	116 t	3 774 000 F
Danemark	63 t	1 567 000 F
Etats-Unis	2 511 t	31 881 000 F
Canada	3 703 t	46 311 000 F
Japon	35 t	369 000 F
Divers	17 t	128 000 F
	<hr/>	<hr/>
hors zone franc :	6 845 t	90 343 000 F
- CEE	5 t	
- hors CEE	6 840 t	

- Saumon fumé 1970 :

Pays-Bas	25 t	1 150 000 F
R. F. A.	5 t	234 000 F
Grande-Bretagne	7 t	282 000 F
Danemark	27 t	1 110 000 F
Divers	7 t	58 000 F
	<hr/>	<hr/>
hors zone franc	66 t	2 834 000 F
- CEE	30 t	1 390 000 F
- hors CEE	36 t	

BILAN

Importations	108 246 000 F
Exportations (saumon fumé)	2 834 000 F
	<hr/>
Déficit :	105 412 000 F

*Edité par*

*Le Service de Documentation du C.E.A.*

*Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay*

*Janvier 1972*