BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE

QUARANTE-TROISIEME ANNEE N° 240 31 MARS 1971

ÉCOLOGIE ET REPEUPLEMENT DES COURS D'EAU A TRUITES *

— PREMIERE PARTIE —

par Robin CUINAT

Chargé de Recherches

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

STATION D'HYDROBIOLOGIE DE BIARRITZ

- 1970 -

(*) *Cette étude a fait l'objet, en octobre 1970, d'un exposé à la Commission Technique du Conseil Supérieur de la Pêche, sur la demande de M. CHARPY, Secrétaire Général de ce Conseil. Il a été tenu compte, pour cette publication, de la plupart des observations qu'ont bien voulu me formuler MM. les Chefs des Régions Piscicoles du C.S.P., ~~et tout particulièrement MM. ARRIGNON et BACHELIER.~~*

Article available at http://www.kmae-journal.org or http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1971007

TABLE DES MATIÈRES DE LA PREMIÈRE PARTIE

I — INTRODUCTION. AMENAGEMENT PISCICOLE ET REPEUPLEMENT

1. 0. — Place des repeuplements parmi les diverses mesures d'aménagement 74

1. 1. — Etablissement d'un programme d'aménagement. Diagnose écologique, classement 74

II — REPRODUCTION NATURELLE - CAPACITE BIOTIQUE - TAUX DE MORTALITE

2. 0. — Fraie naturelle ; mortalité dans les frayères 75

2. 1. — Compétition territoriale et alimentaire. Capacité biotique 76

2. 2. — Influence des autres espèces : compétition interspécifique ; prédation 81

2. 3. — Action combinée des mortalités 83

III — REPEUPLEMENTS D'ENTRETIEN

3. 0. — Rendement des repeuplements d'entretien, en rivière ou en lac 87

3. 01 — Faiblesse des pourcentages de reprises en général

3. 02 — Influence de la taille

3. 03 — Comparaison entre lac et rivière

3. 1. — Repeuplements par œufs ou alevins vésiculés 89

3. 11 — Caractéristiques

3. 12 — Influence de l'incubation et du développement sous les graviers

3. 13 — Modalités d'utilisation

3. 14 — Rentabilité

3. 2. — Repeuplement par alevins ou truitelles de moins d'un an 94

3. 21 — Alevins ou truitelles de pisciculture intensive

3. 22 — Alevins ou truitelles issus de « rigoles d'alevinage » ou de « ruisseaux-pépinières ».

3.221 — Ruisseaux pépinières

3.222 — Rigoles d'alevinage

IV — BIBLIOGRAPHIE relative à la première partie 103

I — INTRODUCTION
AMENAGEMENT PISCICOLE ET REPEUPLEMENT

Le problème du repeuplement des cours d'eau à Salmonidés dominants a fait l'objet, en France comme à l'étranger, d'un grand nombre de publications scientifiques, techniques ou de vulgarisation.

Dans la présente étude, plutôt que d'énumérer et de décrire simplement les nombreux modes de repeuplement à la disposition des responsables de la Pêche et de l'Aménagement, et de leur proposer en quelque sorte des « recettes » qu'ils n'auraient qu'à appliquer, avec des succès divers et hasardeux, nous viserons avant tout à faire réfléchir ces responsables sur les fondements écologiques (*) et physiologiques de ces méthodes. L'idéal serait que tous les pêcheurs ou délégués, qui contribuent à gérer un ou plusieurs cours d'eau, qu'ils sont d'ailleurs les mieux placés pour bien connaître, soient en même temps des écologistes. Plus modestement, nous tenterons de dégager d'une façon claire et pratique les notions écologiques de base qui s'appliquent directement à l'aménagement — et plus particulièrement au repeuplement — des cours d'eau à truites. Pour cela, nous serons amenés, en évitant si possible d'accumuler les termes trop scientifiques, à simplifier ou à schématiser des données ou des mécanismes qui sont en réalité complexes ou même encore imparfaitement connus. Nous ne saurions trop recommander à ceux qui voudront « aller plus loin » de consulter « Pêches continentales, biologie et aménagement », ouvrage de base en matière d'écologie appliquée à la Pêche, dans lequel les auteurs, VIBERT et LAGLER (1961), consacrent d'ailleurs un des plus importants chapitres aux repeuplements. D'utiles données d'ordre pratique, concernant notamment les techniques d'élevage, de transport et de déversement des poissons de repeuplement, sont également fournies par deux ouvrages récents en langue française : « Traité de pisciculture » (4me édition, 1970), par M. HUET, et « Aménagement des eaux intérieures » (1970), par J. ARRIGNON.

Dans cet esprit, il nous paraît indispensable de situer d'abord, d'une façon générale, les repeuplements parmi les diverses possibilités d'aménagement dont nous disposons : on ne devrait plus à l'heure actuelle entreprendre un programme, souvent très coûteux, de repeuplement sans avoir auparavant examiné si d'autres mesures ne seraient pas mieux adaptées à la situation, ou ne devraient pas être associées à ce programme de repeuplement.

Après ce tour d'horizon, nous consacrerons un chapitre à la reproduction naturelle et aux mécanismes qui peuvent, en liaison avec le milieu, la rendre soit excessive, soit insuffisante à compenser les captures des pêcheurs.

Ce n'est qu'ensuite que nous ferons le point sur les diverses méthodes de repeuplement d'entretien et les principales caractéristiques de chacune d'elles. Nous soulignerons également l'importance de la rusticité des sujets utilisés dans ces repeuplements d'entretien et les moyens propres, actuellement ou dans un proche avenir, à améliorer cette rusticité.

Les repeuplements surdensitaires ou de types intermédiaires, nécessitant pour leur mise en œuvre beaucoup moins de connaissances écologiques et ayant d'ailleurs été traités en détail dans deux publications récentes en langue française, ne seront abordés que très succinctement.

Enfin, les possibilités offertes par d'autres espèces que la Truite commune, la Truite arc-en-ciel notamment. seront examinées.

(*) *Rappelons que l'écologie consiste à étudier les relations entre les êtres vivants et leur milieu, non seulement physique mais aussi biologique.*

1. 0. — Place des repeuplements parmi les diverses mesures d'aménagement

Les mesures dont disposent actuellement le Biologiste des Pêches et le Responsable de la gestion d'un cours d'eau sont très diverses et variables selon l'environnement, notamment la physico-chimie de l'eau, la nature du lit de la rivière, l'effort de pêche, etc. Nous n'en donnerons que quelques exemples.

Dans plusieurs rivières à truites de Seine-Maritime, une série de diagnoses écologiques effectuées en 1961 et 1962 a montré que les interventions les plus urgentes consistaient non pas à repeupler mais à limiter l'accumulation de vase (CUINAT, 1965).

Une autre série de diagnoses, en Corrèze, a mis en évidence, dans des rivières où la pêche donnait des résultats médiocres, une très forte densité de truites assortie d'une croissance individuelle particulièrement lente ; tout repeuplement d'entretien y serait plus nuisible qu'utile, alors qu'il serait intéressant d'entreprendre, en liaison avec les agriculteurs, des amendements calcaires sur les prairies des bassins versants (CUINAT, 1960, données non publiées).

Aux Etats-Unis, l'implantation de déflecteurs ou de couverts dans le lit de certains cours d'eau a sensiblement accru les captures d'ombles de fontaine : augmentation de 46 % dans un cas (SHETTER et al., 1946), de 196 % dans un autre (HUNT, 1969).

Sur d'autres cours d'eau, les interventions les plus efficaces consisteront à restaurer les bassins versants pour conserver un débit suffisant en été et limiter les crues, à reboiser les rives, à s'opposer aux pompages abusifs, aux éclusées trop violentes des usines hydroélectriques et, bien entendu, aux déversements polluants.

Ainsi, l'action à entreprendre est conditionnée par le ou les goulets d'étranglement de la production, que l'enquête préalable ou la diagnose écologique auront mis en évidence. Et dans l'éventail des actions possibles, les repeuplements ne constituent qu'une thérapeutique parmi bien d'autres : VIBERT et LAGLER (1961) les comparent à une transfusion de sang opérée sur le « super-organisme pêcherie », anémié par des pertes accidentelles.

Depuis les fécondations artificielles pratiquées par REMY et GEHIN en 1844, les techniques de salmoniculture se sont sans cesse perfectionnées, permettant de grosses productions à des coûts modestes ; parallèlement, le repeuplement est apparu de plus en plus aux pêcheurs comme la panacée, le remède miracle propre à enrichir tous nos cours d'eau. Or, les observations plus récentes de nombreux écologistes et biologistes des pêches, dont le Professeur LEGER fut un des grands précurseurs, ont mis en évidence l'importance du **terrain** ; en ignorant ou en laissant se dégrader l'habitat, les efforts pour restaurer ou implanter une population d'animaux n'auront le plus souvent qu'un résultat nul ou très fugace.

1. 1. — Etablissement d'un programme d'aménagement Diagnose écologique, classement.

La démarche la plus rationnelle de la part de tout responsable en matière de pêche et d'aménagement devrait être la suivante :

— Premier temps : acquérir une bonne connaissance de la situation écologique du cours d'eau (ou du tronçon de cours d'eau), état de l'environ-

nement et état de la population de poissons. Les techniques de diagnose écologique ont été mises au point au cours des dix dernières années à la Station d'Hydrobiologie de Biarritz, essentiellement dans ce but.

— Deuxième temps : en fonction de cette connaissance, établir un programme d'aménagement en choisissant la ou les interventions appropriées, qui ne seront pas forcément les plus spectaculaires. Si la situation écologique nécessite de pratiquer des repeuplements, les connaissances obtenues dans le premier temps faciliteront le choix du type de repeuplement (œufs, truitelles, etc.).

— Troisième temps : suivre, dans la mesure du possible, l'évolution de la situation et apprécier objectivement les résultats obtenus, afin de corriger ou d'ajuster les actions entreprises et d'améliorer éventuellement la qualité des sujets utilisés pour le repeuplement.

Compte tenu des moyens d'investigation encore beaucoup trop limités en France, il est évident qu'on ne peut faire une diagnose écologique sur chaque cours d'eau ou tronçon de cours d'eau ; on devra donc traiter la plupart de ces cours d'eau non pas individuellement mais par « types », le classement étant fait selon des critères assez stables et facilement mesurables : largeur, pente, teneur en calcium, abondance des zones à frayères, capacité biogénique, abondance des abris, espèces dominantes et taux de croissance de celles-ci, intensité approximative de la pêche.

En France, comme dans la plupart des autres pays disposant d'un bon capital de rivières à salmonides, l'empirisme laisse progressivement la place à des techniques plus rationnelles, appuyées sur des bases scientifiques et écologiques plus solides. Cependant, beaucoup de progrès restent encore à faire, dans les connaissances scientifiques comme dans leur mise en application, pour sauvegarder ou améliorer nos cours d'eau et leur valeur pour la Pêche.

II — REPRODUCTION NATURELLE CAPACITE BIOTIQUE - TAUX DE MORTALITE

Pour expliquer le succès ou l'échec de tel ou tel mode de repeuplement et tendre vers un aménagement rationnel, il faut d'abord tenter de comprendre les mécanismes de la reproduction naturelle et des mortalités qui éclaircissent normalement les rangs des alevins et des truites indigènes.

2. 0. — Fraie naturelle : mortalité dans les frayères

Précisons tout d'abord que les taux de fécondation sont presque toujours aussi élevés dans la rivière qu'en pisciculture. Les taux de survie des œufs, puis des alevins vésiculés, sous les graviers sont également, dans les conditions normales, très élevés (entre 80 et 90 %), pourvu que l'eau ne soit pas polluée, trop chargée de limons, ou appauvrie en oxygène, et que des crues importantes ne bouleversent pas la frayère. BAMS (1970) a d'ailleurs montré que les alevins vésiculés disposent de très nombreux moyens de résister ou de s'adapter à des conditions adverses, pendant leur vie sous les graviers. Divers auteurs ont aussi observé que, dans les conditions normales d'enfouissement des œufs, l'action des prédateurs (invertébrés ou poissons) était rarement importante. Toutefois, d'après PHILLIPS et CLAIRE (1966), les chabots peuvent détruire beaucoup d'alevins, en mordant leur vésicule vitelline, lorsque la granulométrie des graviers

leur permet d'y circuler. Un certaine prédation par les anguilles a souvent aussi été observée.

Dans la majorité des cours d'eau dont les caractères physico-chimiques conviennent à la vie de la Truite, le nombre de géniteurs (sujets de 3 ans ou plus) est tel, même compte tenu d'une pêche à la ligne intensive, que le nombre d'œufs disponibles (*) dépasse presque toujours 10 000/ha (1/m²).

Si le cours d'eau, situé à l'aval de la « Zone à Ombre » (pente < 2,5 ‰ pour une largeur de 10 m) ou pollué, ne comporte que des gravières ensablées ou envasées, il est possible que le taux d'éclosion des œufs soit nul ; il est possible aussi qu'une partie des géniteurs aille frayer en amont, ou dans des affluents. Dans les deux cas, le recrutement repose entièrement sur des repeuplements artificiels et/ou sur des immigrations d'alevins ou de truitelles.

Si, par contre, les frayères sont de bonne qualité, le taux de mortalité dans les frayères, à moins d'une forte prédation, ne dépassera normalement pas 20 %. Cela nous donne, à l'émergence, une densité de 8 000 alevins à l'hectare (0,8/m²). Celle-ci est-elle suffisante pour fournir, au bout de 2 à 4 ans (selon le taux de croissance), un nombre de truites capturables correspondant à la capacité d'accueil de la rivière ? En supposant que le taux de survie annuel soit ensuite de 30 %, nous obtiendrons, à 3 ans, 216 truites de taille pêchable, densité normale pour un cours d'eau à capacité biogénique moyenne. En fait, les taux de survie, principalement dans les premiers mois de la vie de l'alevin sont extrêmement variables :

— En conditions semi-naturelles, c'est-à-dire en ruisseaux ou rigoles d'où les prédateurs ont été enlevés, ces taux de survie, de l'œuf à la truitelle d'automne, varient entre 20 et 80 %. Dans six portions de petits cours d'eau fermées par des grilles empêchant les émigrations d'alevins, SHETTER, 1961, a observé des survies s'échelonnant entre 4,5 et 31,7 % chez des ombles de fontaine ; LE CREN, 1961, dans des conditions analogues, a obtenu des survies, à partir d'alevins à la résoption de la vésicule, variant entre 3 et 90 % chez la truite commune (voir § 2.1.).

— En conditions naturelles, dans des cours d'eau « ouverts », où les observations sont beaucoup plus difficiles, on dispose d'assez peu de résultats. SHETTER, 1961, a trouvé, dans les mêmes conditions que précédemment mais sans grilles, des survies de 2,7 à 43 % ; SHEARER, 1961, après immersion d'œufs de saumon en boîtes VIBERT, a obtenu des taux de 1,7 à 2,7 %.

Ces différences importantes dans les taux de survies de l'alevin dans ses 8 à 12 premiers mois de vie sont dues aux nombreuses causes de mortalités susceptibles d'intervenir à ce stade. Nous examinerons ces facteurs en les regroupant en deux catégories :

— mortalités par compétition intraspécifique ;

— mortalités par compétition interspécifique et prédation.

2. 1. — Compétition territoriale et alimentaire. Capacité biotique.

La période la plus critique pour l'alevin est celle où, sa vésicule étant résorbée, il émerge des graviers de sa frayère : sa vessie natatoire étant

(*) En estimant grossièrement à 2 000 le nombre d'ovules par kilo de truite femelle et à 1/1 le rapport des sexes, on peut évaluer approximativement le POTENTIEL DE REPRODUCTION en multipliant par 1 000 la densité de truites d'âge au moins égal à 2⁺, en fin d'année (CUINAT et VIBERT 1963).

encore vide, son corps est dense et sa nage maladroite, avec un angle important par rapport à l'horizontale ; cela le rendrait extrêmement vulnérable aux prédateurs si ces « premiers pas » ne se passaient pas durant la nuit (BAMS, 1970) (*). Ce n'est que lorsqu'il aura pu gober un peu d'air et gagner des zones peu profondes à courant modéré que commencera véritablement sa vie d'alevin.

Dès ses premiers jours de vie « libre », l'alevin commence à saisir des particules, alimentaires ou non, apportées par le courant ; il se tient normalement près du fond, en un endroit bien précis (près d'une certaine pierre par exemple), d'où il peut surveiller les alentours immédiats. Parallèlement aux premières « sorties » dans ces alentours, apparaissent les premiers signes d'agressivité (posture de menace et morsures) ; l'alevin prend ainsi possession d'un certain territoire, d'une surface de 3 à 4 dm^2, qu'il défend contre ses congénères. A mesure qu'il grandit, l'alevin étend ses prétentions territoriales, au besoin en repoussant ou en éliminant, après menaces ou combats, certains de ses voisins.

Lorsque le fond est caillouteux et irrégulier, la dimension des territoires est généralement moindre que s'il est lisse, offrant peu d'obstacles à la vue de l'alevin. La turbidité de l'eau et la vitesse du courant jouent également un rôle. La « mosaïque des territoires » a donc une densité variable non seulement selon l'âge (et la taille) des poissons, mais aussi selon certains caractères de l'habitat. Quant aux alevins n'ayant pu acquérir ou défendre un territoire adéquat, ils devront soit rester confinés dans des interstices où ils mourront bientôt d'inanition, soit se tenir assez loin du fond, sans emplacement bien défini, soit émigrer, le plus souvent vers l'aval.

Parmi les auteurs ayant observé et analysé ces comportements territoriaux, on doit notamment citer KALLEBERG (1958) et, à la Station de Biarritz, HELAND (à paraître).

La limitation de la densité d'alevins ou de truites par compétition territoriale et alimentaire est évidemment fonction de l'habitat.

D'après MUNDIE, 1970, le cours d'eau permettant d'abriter et de nourrir le plus grand nombre d'alevins doit être peu profonde (7 à 60 cm), à courant rapide au milieu (environ 0,6 m/sec.), comportant de nombreux remous sur les côtés (**), de faible largeur (3 à 6 m), aux rives irrégulièrement boisées et comportant des abris divers et nombreux ; de petites crues fréquentes, évacuant les limons, sont bénéfiques. Enfin, les bassins versants et les qualités physico-chimiques de l'eau doivent favoriser une nourriture abondante.

RUGGLES, 1966, a également montré l'effet favorable d'une alternance des courants avec des calmes ; si les premiers sont surtout productifs en invertébrés dérivants, les seconds sont plus habitables par les alevins et truitelles. La possibilité de production d'un tronçon de ruisseau expérimental comportant un courant et un calme est maximale lorsque le premier se trouve en amont du second.

Enfin ,on peut considérer d'une façon générale que les maladies et les parasites ont d'autant plus de prise sur les poissons que leur population est plus dense, ce qui tend à réguler ces populations d'une façon analogue aux deux facteurs précédents.

(*) *Il est à noter que l'anguille est aussi un prédateur essentiellement nocturne.*

(**) *MUNDIE, 1970, après installation de petits déflecteurs dans un ruisseau expérimental, obtient 10 fois plus d'alevins de 6 mois que dans le ruisseau témoin (vitesse moyenne de l'eau : 0,7 m/sec).*

Territorialité, compétition alimentaire intraspécifique et incidences pathologiques ou parasitaires permettent d'expliquer les résultats très démonstratifs obtenus par LE CREN (1961). Dans 5 sections grillagées identiques d'un même ruisseau sont immergés des alevins à la résorption de la vésicule, en nombres variables, correspondant à des densités respectives de 3,5 - 12,5 - 22 - 80 et 280 au mètre carré (fig. 1). En septembre, la densité d'alevins survivants est la même dans toutes les sections (sauf la première) soit environ 8/m² (*). Pour cet habitat la densité de 8/m² peut être considérée comme la charge biotique maximale à cet âge. Les taux de mortalité ont donc été très différents selon les densités initiales : entre 10 % et 97 %.

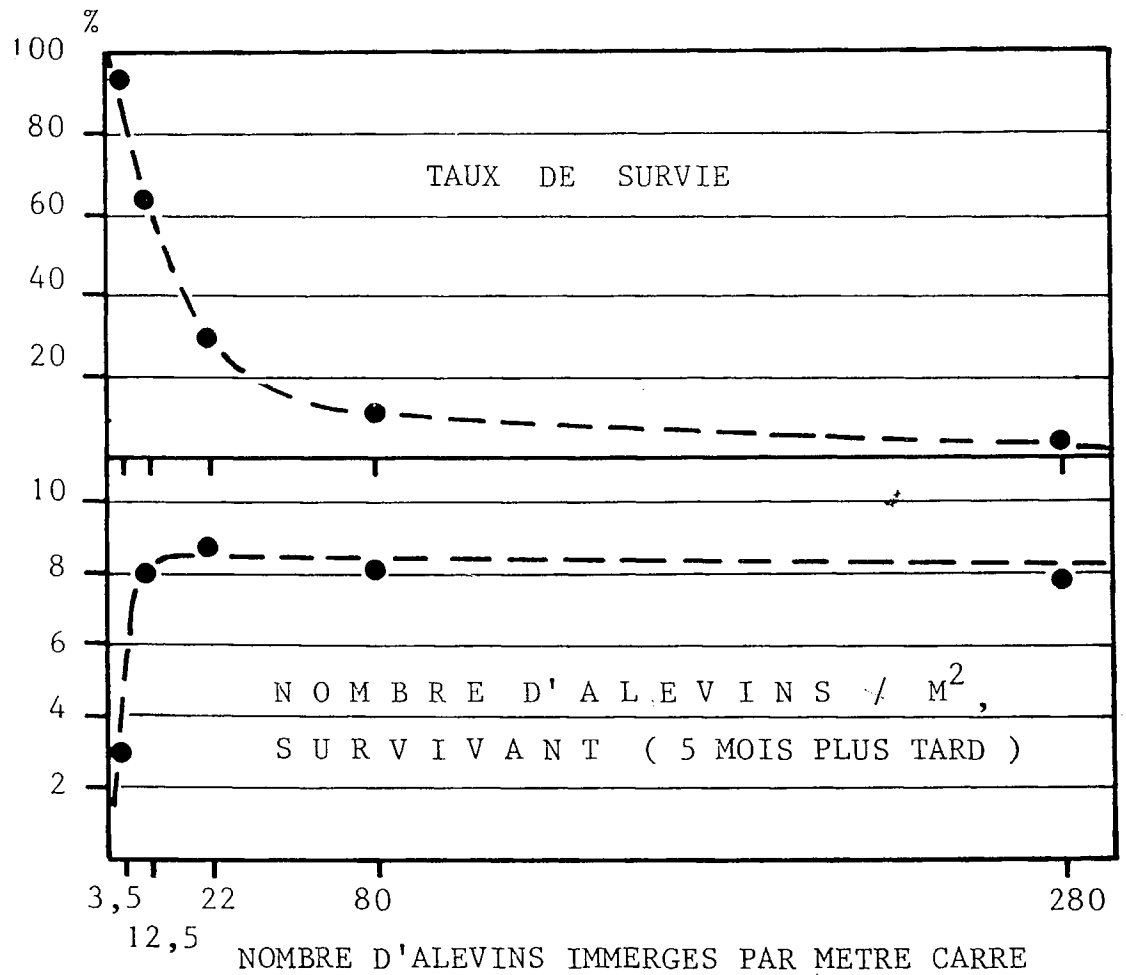

Fig. 1 — Survie d'alevins de truites communes de cinq mois selon la densité de l'empoissonnement

Graphique du haut : pourcentage de survie, entre le moment où les alevins ont commencé à se nourrir (début mai), et le début septembre.

Graphique du bas : nombre absolu d'alevins au mètre carré, retrouvés en septembre.

En abscisse, nombre d'alevins immergés par mètre carré.
(LE CREN, 1965)

(*) Dans le ruisseau en question, la majeure partie de la surface était propice à l'établissement de territoires par les alevins, ce qui explique la forte capacité biotique observée. Dans les cours d'eau plus importants, la capacité biotique pour des alevins de 6 à 10 mois est beaucoup plus faible (généralement inférieure à 1/m²).

De cette expérience, nous tirons directement la conclusion pratique suivante : si, dans un ruisseau comme celui-ci, la reproduction naturelle fournit habituellement plus d'une vingtaine d'alevins émergeant au m^2, une mortalité plus ou moins importante éliminera l'excès de ces alevins par rapport à la charge biotique ; mais si un déficit de géniteurs ou des crues sévères bouleversant les frayères réduisent accidentellement le nombre d'alevins à l'émergence jusqu'au seuil d'une douzaine au m^2, cet accident n'aura pas de conséquence sensible sur le peuplement en truitelles de 7 à 8 mois.

Cette notion de résilience, définie notamment par VIBERT et LAGLER (1961), explique la stabilité relative des peuplements chez la plupart des espèces de poissons douées d'une capacité de reproduction importante, mais dont une partie reste la plupart du temps inemployée du fait de la pression d'un environnement non illimité. Si, dans les conditions normales, les taux de mortalité décimant les rangs des alevins, de l'éclosion à l'âge de 6 mois environ, sont très élevés — de 90 à 97 % sur l'omble de fontaine (SHETTER, 1968), ou de 75 à 99 % sur des saumons du Pacifique (Mc NEIL, 1966) — ils sont dus dans la plupart des cas à une reproduction naturelle excédentaire par rapport à la capacité d'accueil de la rivière. Ils s'abaisseront automatiquement si, pour une raison ou une autre, la densité initiale est réduite.

Cette capacité d'accueil n'est pas limitée seulement vis-à-vis de l'alevin ou de la truitelle : les compétitions pour le territoire et pour la nourriture se poursuivent durant toute la vie de la truite ; simplement, les besoins s'accroissent à mesure que les poissons grandissent. ALLEN (1969), rassemblant les observations de nombreux biologistes relatives à 33 cours d'eau à Salmonidés, a mis en évidence la relation moyenne entre taille du poisson et surface de rivière revenant à chacun d'eux. Les surfaces observées pour les différentes tailles de poissons varient dans l'ensemble comme le cube des poids des poissons (fig. 2, droite en trait interrompu) ; ALLEN en déduit que, finalement, le **poids** de poisson par unité de surface est une valeur sensiblement stable (environ 1,7 g/m^2). Notons qu'ODONERA (1962) avait, au cours de ses propres recherches, observé des capacités de même ordre : de 0,8 à 2,4 g/m^2 (*). Par ailleurs, la largeur de la bande (entre droites pointillées) correspond à la plage de variation possible dans la capacité biotique : approximativement de 1 à 9.

Ces observations confirment celles de LEGER (1910 et 1937) qui avait déjà pressenti l'ordre de grandeur de cette possibilité de variation, en chiffrant de 1 à 10 la **capacité biogénique** d'un cours d'eau. Tant que des méthodes plus objectives et rigoureuses d'évaluation de la capacité biotique n'auront pas été mises au point et éprouvées, c'est cette capacité biogénique, B, que l'on aura à apprécier, en se basant sur l'examen « clinique » du cours d'eau (abondance des divers invertébrés, végétation, nature du fond, physico-chimie de l'eau, etc.).

La formule K (kg/ha/an) = 10 B (**) permet alors d'évaluer la possibilité de production en salmonidés .D'autre part, la formule N = 200 B (**) donne une indication approximative du nombre de truitelles de 5 à 6 mois que le cours d'eau peut héberger et nourrir, par hectare.

(*) Ces observations ont presque toutes été faites sous des climats plus rigoureux que le nôtre, ce qui peut expliquer la faiblesse de ces densités de poissons.

(**) Cette note peut être multiplée par un coefficient k, dépendant de la température et de l'alcalinité de l'eau, ainsi que du type de poissons en cause (HUET, 1964).

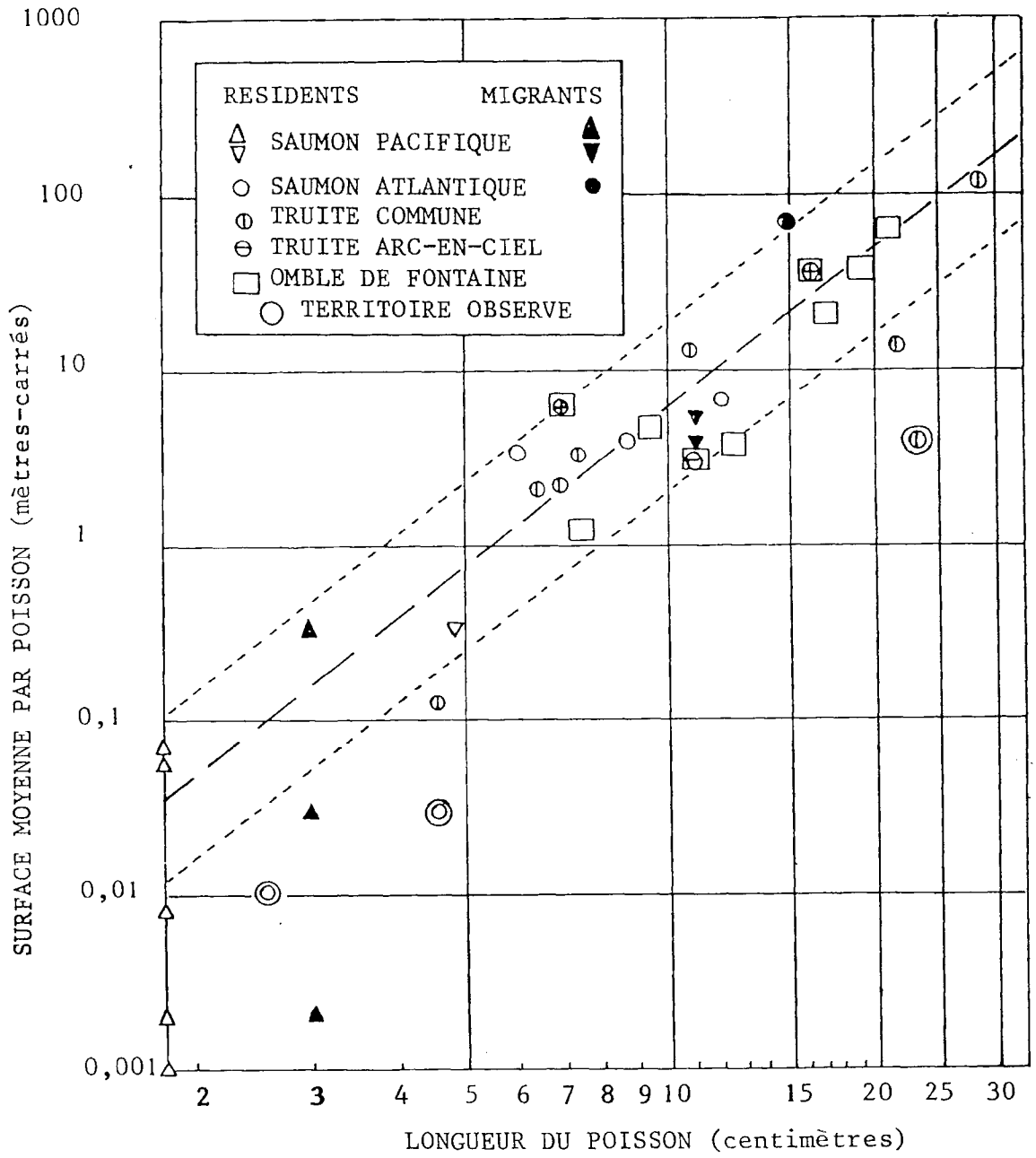

Fig. 2 — Surface moyenne par poisson et longueur du poisson (échelles logarithmiques). Voir texte.

Les surfaces de territoires effectivement occupés sont toujours inférieures, du fait que le lit n'est jamais propice en totalité à l'établissement de ces territoires.

(D'après ALLEN, 1969)

Cette notion, capitale en Biologie des Pêches, de capacité biotique d'un plan d'eau, nous permet dès maintenant de répartir les divers types de repeuplement en deux grandes classes.

— Repeuplements d'entretien : comparables à un placement à long terme, ils portent sur des sujets jeunes qui auront à s'accroître dans le plan d'eau avant d'atteindre la taille d'être capturés. Ils visent à tirer le meilleur parti possible de la capacité biotique inemployée dans certains plans d'eau par suite d'une reproduction naturelle insuffisante chez l'espèce recherchée. Leur efficacité, dépendant en grande partie de l'ajustement de la densité de repeuplement à la capacité biotique disponible, est extrêmement variable.

— Repeuplements surdensitaires : visant à des recaptures immédiates ou presque, ils permettent de dépasser considérablement les limites de la capacité biotique, étant entendu que le gain de poids après déversement sera faible ou nul. Leur rentabilité, en terme de production, est toujours négative, mais relativement stable.

2. 2. — Influence des autres espèces : compétition interspécifique ; prédation.

Dans le chapitre précédent, nous avons mis en évidence la notion de capacité biotique du cours d'eau. Il est évident que lorsque d'autres espèces (ou des sujets de même espèce mais d'âge différent) résident dans le même milieu, celles-ci peuvent, dans la mesure où elles ont des exigences alimentaires ou territoriales analogues, réduire, par **compétition**, la capacité biotique disponible pour la Truite. COOPER (1959) considère par exemple que le Vairon, se nourrissant dans l'ensemble des mêmes invertébrés que la Truite, et ne servant qu'occasionnellement de proie à cette dernière, rallonge inutilement la chaîne alimentaire et réduit le potentiel de capture de la rivière. En fait, plusieurs auteurs ont montré récemment que le Vairon, comme d'ailleurs le Chabot, et même l'Anguille, se cantonnent dans des micro-habitats différents et que leurs régimes alimentaires sont relativement distincts (STRASKRABA et al., 1966 ; ROGERS, 1966) ; ce problème, qui nous paraît encore insuffisamment abordé, pourrait être étudié dans des petits cours d'eau expérimentaux, en liaison avec la rationalisation des méthodes d'exploitation des ruisseaux pépinières.

Actuellement, la compétition alimentaire, comme celle pour le territoire, n'est observée de façon incontestable, en rivière à truites, qu'entre le Saumon et la Truite au stade juvénile ; celle-ci a d'ailleurs tendance à dominer celui-là, pour l'acquisition et la défense d'un territoire, comme l'a montré notamment KALLEBERG (1958).

L'action prédatrice des autres espèces (ou autres âges) peut généralement être considérée comme dépendant peu de la densité de l'espèce proie (*). Ce type de mortalités — auquel il faut ajouter diverses autres causes telles que pollutions, crues, accidents, malformations, etc. — peut être, en gros, considéré comme « stable ». Ainsi, dans le schéma de la figure 1, nous l'avons supposé voisin de 30 % par an, quelle que soit la densité d'alevins ou de truitelles. Il peut être plus faible si aucun prédateur n'est présent dans le cours d'eau (de l'ordre de 15 % dans l'expérience de LE CREN précédemment

---

(*) En réalité les types de relations pouvant exister entre prédateurs et proies sont divers et complexes ; on consultera utilement, à ce sujet, VIBERT et LAGLER (1961) ; dans la présente étude, nous ne pouvons que faire une approche simplifiée du problème

citée), ce qui sera généralement le cas dans les rigoles d'alevinage. Il peut atteindre des valeurs très supérieures, notamment dans la première année, à l'aval de la zone à Salmonidés ou en présence d'une forte densité d'anguilles ; d'après l'expérience de BURNET citée plus bas, on peut l'évaluer à plus de 80 %.

Dans la plupart des cours d'eau à truites, l'Anguille constitue incontestablement le prédateur le plus important pour l'alevin de salmonide. SHINA (1969), ayant examiné 271 estomacs d'anguilles en diverses époques de l'année, n'y a trouvé aucun œuf, mais 19 jeunes poissons dont 7 salmonides ; ce résultat, peu culpabilisant pour l'Anguille au premier abord, nous a pourtant permis de calculer, compte tenu de la durée moyenne de digestion, qu'une anguille consommait ainsi un nombre moyen de 210 alevins ou truitelles en un an. Si la plupart des auteurs s'accordent sur ce rôle prédateur, les avis diffèrent quant à sa nocivité. ALLEN (1951), après une étude remarquable sur un ruisseau de Nouvelle-Zélande, conclut que les éclaircies pratiquées par l'Anguille, en réduisant la compétition alimentaire entre alevins ou truitelles, améliorent leur taux de croissance et tendent plutôt à augmenter le poids des captures possibles par les pêcheurs. BURNET (1968), dans le même pays, après destruction pendant deux ans de la moitié des anguilles dans un cours d'eau où elles étaient initialement un peu plus abondantes que les truites, fait les constatations suivantes : les truitelles d'un an deviennent de 2,7 à 10 fois plus nombreuses qu'initialement ; en revanche, le taux de croissance s'abaisse considérablement, la Truite mettant 4 ans au lieu de 2 pour atteindre 28 cm ; de plus, elle devient maigre, et intéresse moins les pêcheurs ; il faut préciser toutefois que la densité de pêcheurs est moindre dans ce pays qu'en France, et que ces pêcheurs recherchent généralement des captures de plus grande taille que le font les nôtres.

Enfin, l'important travail de ROGERS, 1966, dans une rivière d'Irlande, montre que les anguilles consomment moins d'alevins de salmonides (incidence : 0,7 %) que ne le font les truites elles-mêmes (incidence : 1,6 %) ; de plus, aucun œuf de salmonides n'est trouvé dans les estomacs d'anguilles, contre 162 dans ceux de truites et 78 dans ceux de jeunes saumons (nombre d'estomacs examinés : 461 d'anguilles, 247 de truites et 295 de jeunes saumons).

Aucune étude analytique de ce genre n'a encore été réalisée en France. Toutefois, à la lumière des diagnoses écologiques et des observations fragmentaires déjà effectuées (*), il y a lieu de considérer comme indésirables les anguilles, au moins dans les conditions suivantes :

— cours d'eau « salmonicoles » côtiers,

— cours d'eau à faible potentiel de reproduction, ou à frayères rares ou médiocres,

— ruisseaux pépinières et rigoles d'alevinage (le nombre de truitelles récoltables a alors plus d'importance que leur croissance).

D'autres espèces peuvent décimer les alevins de salmonides, la plus dangereuse étant le Brochet ; SZCZERBROWSKI (1963), dans une rivière de Pologne, sur 114 estomacs de brochets, en a noté 31 contenant des truites.

(*) Il est fréquent, lorsqu'on vérifie l'éclosion ou la survie d'œufs immergés en boîtes VIBERT, de trouver dans la gravière une anguille, dont l'estomac contient souvent des œufs ou des alevins vésiculés. Il est possible que, lors des échantillonnages faits par les auteurs précédemment cités, les anguilles enfouies sous les cailloux et graviers aient été peu ou pas capturées.

Les exigences assez différentes quant à l'habitat font que les deux espèces coexistent assez peu fréquemment. Toutefois ARRIGNON (1966) a observé, dans les bassins de la Seine et du Rhin, que le Brochet pouvait vivre dans des cours d'eau « à truites », souvent à la faveur de modifications dues à l'homme (par exemple : envasement, réduction des débits d'été, mise en communication avec des ballastières ou canaux de 2ème catégorie...) ; il réduit alors considérablement le peuplement d'alevins et de truitelles, surtout dans les petits cours d'eau. Par ailleurs, l'action du Brochet peut être importante à l'occasion de la dévalaison de jeunes saumons ou de truites de mer, surtout si ceux-ci ont un lac à traverser.

La Perche joue, elle aussi, un rôle prédateur incontestable ainsi que la Lotte (SAKOWICZ, 1961) ; comme le Brochet, la Perche a surtout une action sensible dans les cours d'eau coupés par des lacs de retenue, ou communiquant avec des plans d'eau dont la température lui permet de se reproduire.

La prédation par la Truite elle-même, c'est-à-dire le cannibalisme, a été plus rarement mise en évidence (*) ; des études seraient toutefois à faire sur ce point, car nous avons fréquemment remarqué un sous-peuplement en truitelles de l'année dans des réserves de longue durée, anormalement peuplées en truites de grande taille ; il est possible également que les grosses truites de pisciculture se comportent, dans certaines conditions, en prédateurs vis-à-vis des jeunes salmonides.

2. 3. — Action combinée des mortalités.

Compte tenu de ce qui précède, nous pouvons classer en deux groupes principaux les mortalités susceptibles d'affecter les alevins et truitelles, qui sont à la base du recrutement naturel dans nos rivières de 1ère catégorie :

1 — les mortalités directement dépendantes de la densité (ou « compensatrices »), dues essentiellement à la compétition intraspécifique ; elles tendent à abaisser les effectifs jusqu'au plafond constitué par la charge biotique ;

2 — les mortalités peu dépendantes de la densité, dues surtout à la prédation et diverses conditions adverses du milieu.

L'action, combinée ou non, de ces deux groupes de mortalités sur divers peuplements initiaux est schématisée figure 3. Celle-ci montre que, dans un cours d'eau de capacité biotique donnée, les fluctuations dans le peuplement initial, qu'il soit naturel ou artificiel, auront finalement peu ou pas d'influence sur les possibilités de captures de truites de taille légale, pourvu que ce peuplement initial ne soit pas inférieur à un « plancher » que nous appellerons « ligne de peuplement critique » ; la pente de cette ligne est en majeure partie conditionnée par les mortalités de type 2.

La situation écologique de nos cours d'eau de 1ère catégorie se situe

(*) *Voir cependant les résultats de ROGERS, 1966, précédemment cités. ARRIGNON (communication personnelle), observe aussi un cannibalisme de la part de truites en ruisseaux après la fraye.*

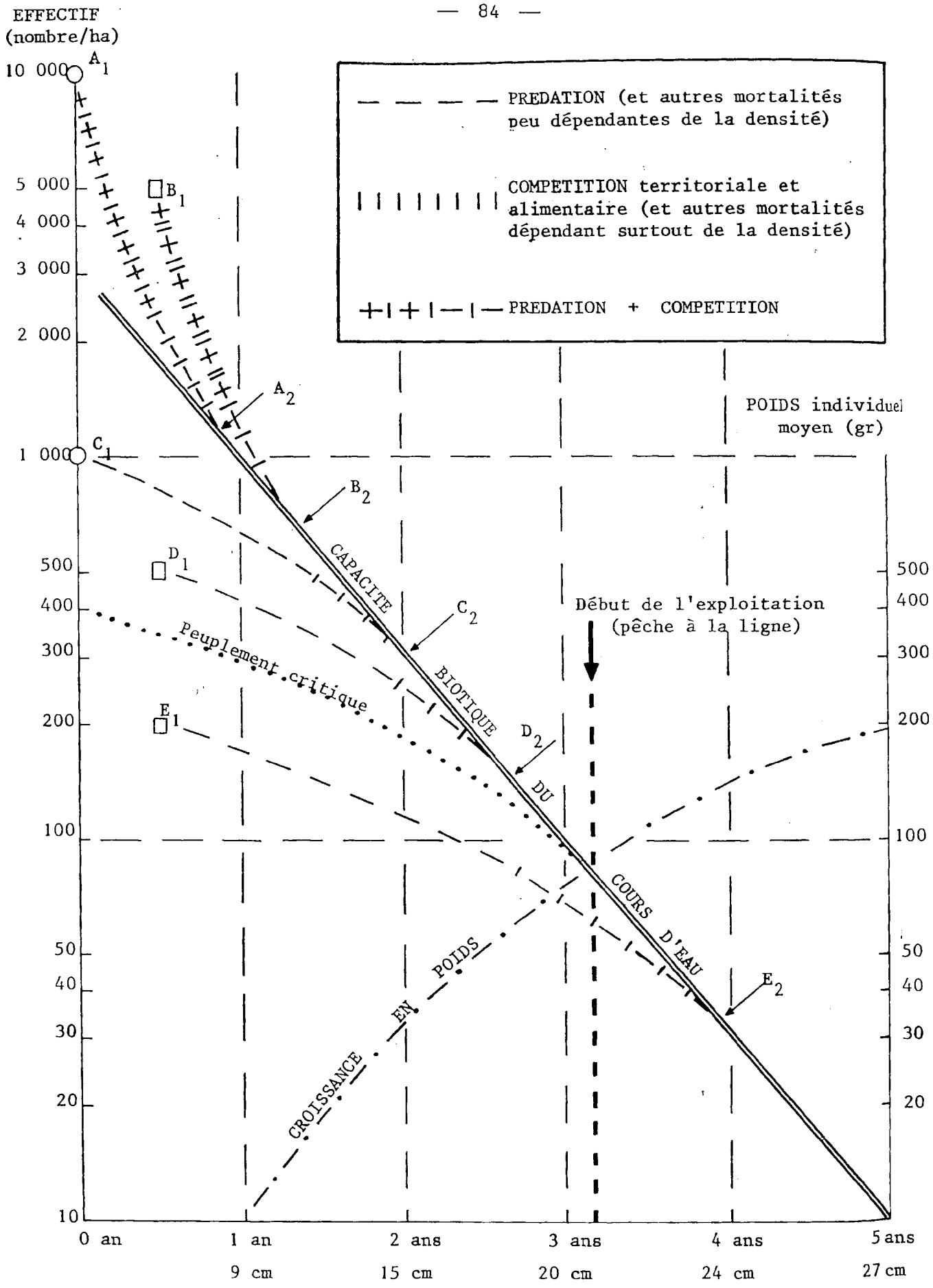

Fig. 3 (Voir légende page 85)

Schéma de l'évolution de l'effectif d'un groupe d'âge de truites en fonction de la densité initiale et de la capacité biotique du cours d'eau.

L'exemple correspond à une capacité biotique et à un taux de croissance moyens. Les charges initiales sont de A_1, B_1, C_1 ou E_1. L'exploitation commence à 21 cm environ (truites de 3 ans $^+$).

1er cas : densité initiale supérieure à la capacité biotique.

A_1 : déversement (ou reproduction naturelle) donnant 10 000 œufs/ha ;

ou B_1 : déversement de 5 000 truitelles de 6 mois/ha.

Les mortalités (ou émigrations) d'alevins ou de truitelles, dues à la compétition, seront d'autant plus élevées que l'effectif est au delà de la capacité biotique, et cela jusqu'à ce que le nombre de poissons n'excède plus cette capacité (point A_2 et B_2).

2me cas : densité initiale inférieure à la capacité biotique.

C_1 : déversement (ou reproduction naturelle) donnant 1 000 œufs/ha ;

ou D_1 : déversement de 500 truitelles de 6 mois/ha ;

ou E_1 : déversement de 200 truitelles de 6 mois/ha.

La compétition est d'autant plus réduite que l'effectif est inférieur à la capacité biotique ; seules jouent un rôle les mortalités peu dépendantes de la densité (prédation notamment) ; l'effectif rejoint la capacité biotique en C_2, D_2 ou E_2. On notera que la densité initiale E_1, située au-dessous de la « ligne de peuplement critique », conduit à un déficit de truites d'âge (et de taille) exploitables, par rapport à la capacité biotique correspondant à ce stade : 60 truites au lieu de 80.

presque toujours entre les deux cas extrêmes que nous pouvons schématiser de la façon suivante :

1er cas : Ruisseaux ou rivières appartenant généralement à la « zone à truite supérieure », étroits et surtout peu profonds, à fond caillouteux non colmaté et à profil physico-chimique de type 1, fig. 4 (CUINAT, 1965) ; la capacité biotique est forte pour les alevins, mais moyenne à faible pour les truites de plus d'un ou deux ans. Les mortalités par prédation ou adversité du milieu n'y ont qu'une faible incidence sur la population, qu'il s'agisse d'œufs, d'alevins ou de truites plus âgées. Par contre, les mortalités (ou émigrations) consécutives à la compétition joueront un rôle majeur. Les peuplement y sont généralement denses, avec prédominance de jeunes, et la croissance individuelle moyenne ou lente.

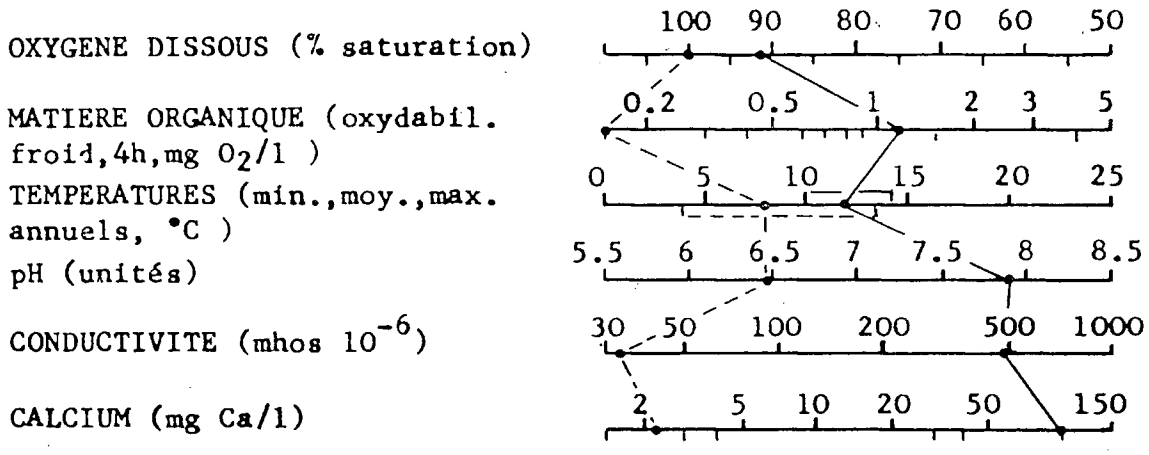

Fig. 4 — Profil physico-chimique de deux cours d'eau à truites

— en trait interrompu : caractères de la petite Vézère (Corrèze), profil de type 1 ; — en trait continu : caractères de la Ganzeville (Seine-Maritime), profil de type 2. (D'après CUINAT, 1965)

2ème cas : Cours d'eau appartenant généralement à la « zone à Ombre » ou même « à Barbeau », larges et assez profonds, à fond souvent colmaté et à profil physico-chimique de type 2 (*) ; la capacité biotique est souvent faible pour les alevins (manque de zones courantes peu profondes), mais forte à très forte pour les truites de plus d'un an.. Les mortalités par prédation ou adversité du milieu y seront généralement importantes, surtout aux stades jeunes (œuf, alevin, truitelle). Par contre, les disparitions par compétition n'auront qu'une faible incidence sur les effectifs, ceux-ci étant généralement inférieurs à la capacité biotique. Les peuplements y sont généralement peu denses, avec peu de jeunes, et sont souvent tributaires d'immigrations d'alevins ou de truitelles. La croissance individuelle est rapide.

Selon que le cours d'eau s'apparente au 1er étage, au 2me ou à un cas intermédiaire, les mesures d'aménagement, et éventuellement de repeuplement, à lui appliquer seront différentes.

(*) Ces zones sont définies par HUET, 1949, en fonction de la pente et de la largeur ; des exceptions écologiques sont cependant fréquentes dans des régions à sources importantes.

Dans le 1er cas, tout repeuplement d'entretien est inutile, à moins que l'on ne destine plus le cours d'eau à la pêche, mais à la production de sujets de repeuplement rustiques (voir chapitre « ruisseau-pépinière »).

Dans le 2ème cas ou les cas apparentés, le repeuplement pourra permettre de valoriser le potentiel biotique du cours d'eau, sans que l'on ait à craindre la compétition intraspécifique. Le mode le plus efficace de repeuplement reste à déterminer, en fonction des facteurs les plus probables de recrutement insuffisant, dont nous citons les plus fréquents :

a) potentiel de reproduction (nombre de géniteurs) insuffisant,

b) insuffisance ou médiocrité des zones à frayères,

c) insuffisance ou médiocrité des zones convenant aux alevins,

d) prédateurs abondants,

e) facteurs physico-chimiques défavorables.

Nous traiterons de ces différentes possibilités dans les chapitres suivantes :

— repeuplements par œufs ou alevins vésiculés (a, b),

— repeuplements par alevins (a, b) ou truitelles de moins d'un an (c, d),

— repeuplements surdensitaires (envisageables dans tous les cas, notamment e).

Nous traiterons également, à côté des repeuplements surdensitaires, des repeuplements de type « intermédiaire » (truites approchant de la taille légale, déversées en dehors de la saison de pêche) et par « géniteurs », bien que nous les considérions en général comme de peu d'intérêt.

III — REPEUPLEMENTS D'ENTRETIEN

3. 0. — Rendement des repeuplements d'entretien, en rivière ou en lac.

De nombreuses données ont été obtenues, après marquage, sur le rendement de repeuplements de ce type, notamment aux Etats-Unis ; NEEDHAM (1950) regroupant 244 expériences, cite les résultats suivants :

			Pourcentages de reprises obtenus		
			Moyens	Minima	Maxima
en LACS	Alevins ou truitelles (moins de 13 cm)		7 %	0 %	37 %
	Truites (plus de 13 cm, diverses époques de déversement)		35 %	1 %	90 %
Déversements en RIVIERES	Alevins ou truitelles		2 %	0 %	21 %
	Truites	en automne	17 %	0 %	88 %
		peu avant l'ouverture	29 %	1 %	80 %
		pendant la saison de pêche	41 %	2 %	90 %

Quatre conclusions peuvent être tirées de ces résultats :

1 — Les pourcentages de reprise sont en moyenne assez faibles.

2 — Ils augmentent lorsque la taille au déversemnt augmente.

3 — Ils sont trois fois plus élevés en lac qu'en rivière, pour les alevins ou truitelles.

4 — Ils sont d'autant plus élevés, pour les truites déversées en rivière, que le repeuplement a lieu près de l'ouverture de la pêche (voir « repeuplements surdensitaires », chapitre 4).

Comment expliquer ces résultats qui concordent d'ailleurs tout à fait avec ceux obtenus en France depuis une douzaine d'années ?

3. 01 — Faiblesse des pourcentages de reprises, en général

Nous avons examiné précédemment les principales causes de mortalité affectant les populations de truites sauvages, en rivière : elles sont telles que, dans la majorité des cas, le taux de survie annuel n'est que de 26 % en moyenne (*), et ne dépasse de toute façon jamais 50 %. Quant au taux de survie de l'œuf à la truitelle d'un an, il est toujours très inférieur et dépasse rarement 20 %, dans les meilleurs conditions. Ces mortalités ne peuvent être que supérieures chez des sujets d'élevage, dont la rusticité est obligatoirement inférieure, et qui, dans beaucoup trop de cas, auront à soutenir la compétition avec des truites résidant déjà dans la rivière.

3. 02 — Influence de la taille

Toutes choses égales par ailleurs, les poissons auront d'autant moins à souffrir, après libération, de la compétition et de la prédation qu'ils seront plus grands. Comme par ailleurs, leur séjour en eau libre, en attendant d'atteindre la taille capturable, sera plus court, leur taux de reprise par les pêcheurs devrait être en général plus élevé. En fait, nous verrons que la rusticité est par contre d'autant plus amoindrie que l'élevage en pisciculture intensive aura été plus long. De toute façon, le coût de chaque sujet augmente avec sa taille. Conditionné par ces divers éléments, le prix de revient de la truite capturable provenant de sujets de repeuplement sera étudié aux chapitres 3 et 4.

3. 03 — Comparaison entre lac et rivière

La rentabilité de déversements de Salmonidés en eau dormante, et particulièrement en lacs, a été mise en évidence aux Etats-Unis (CORDONE et FRANTZ, 1968 ; WEBSTER et al., 1959, ALEXANDER et SHETTER, 1969) ; COOPER (1959) considèrent d'ailleurs qu'en lac, le poids de poissons repris est toujours égal ou supérieur au poids de poissons déversés, contrairement à ce qui se passe en rivière. En France, les expériences de repeuplement dans le Lac LEMAN (LAURENT, 1965), le Lac d'ANNECY (GRIVAZ, 1959) ou la retenue de SERRE-PONCON (Anonyme, 1962) ont mis en évidence des taux de reprises assez intéressants sur les truites communes ou arc-en-ciel (11 à 20 % de reprises déclarées), et surtout des croissances très importantes (gain de poids variant de 450 à 850 grammes en 7 à 9 mois (**).

(*) Taux de survie de l'âge 1^+ à 4^+, évalué d'après la structure d'âge, dans 50 diagnoses effectués en divers cours d'eau à truites français (CUINAT, à paraître).

(**) Ces résultats s'appliquent à des repeuplements par truitelles de 10 à 15 centimètres. Les rendements après déversements d'alevins sont généralement beaucoup moins intéressants dans ces lacs.

Ces résultats intéressants tiennent à deux raisons principales :

a) Les truites ne se reproduisant pas dans les lacs, mais seulement dans les cours d'eau qui s'y jettent, elles y sont rarement abondantes : celles que l'on y ajoute trouvent ainsi une niche écologique partiellement inoccupée ; la compétition alimentaire sera notamment peu importante et par conséquent la croissance rapide.

b) Les truites n'ont pas, pour survivre, à lutter contre le courant ou à entrer en compétition avec des truites résidentes pour s'approprier un abri contre ce courant, ce qui est particulièrement important pour des poissons qui ont généralement été élevés, sous forte densité, dans des bassins sans abris et à courant modéré : d'où un taux de survie plus élevé. Cette influence majeure du courant a été notée par divers auteurs, notamment VIBERT, 1962.

Il nous semble que l'on soit encore très loin, en France, de tirer un parti suffisant des possibilités offertes par les lacs, et même certains étangs assez profonds, pour la pêche de loisir des Salmonidés : les repeuplements d'entretien, par truitelles communes ou arc-en-ciel, pourraient y être effectués sur une échelle beaucoup plus importante qu'actuellement en rivière, offrant ainsi de très gros débouchés aux salmonicultures « industrielles » de type classique et des possibilités de captures pour un grand nombre de pêcheurs.

3. 1. — Repeuplements par œufs ou alevins vésiculés.

Le repeuplement par sujets non nourris, qu'il s'agisse d'œufs « embryonnés » ou d'alevins avant résorption totale de la vésicule vitelline, se caractérise par le coût peu élevé des sujets déversés et par leur relative rusticité.

Après examen de ces caractéristiques, nous traiterons des techniques de mise en œuvre et de la rentabilité de ce mode de repeuplement.

3. 11 — Caractéristiques

a) Coût minimal par sujet déversé.

Le coût de production est réduit au maximum, puisqu'il se limite à l'élevage des reproducteurs, à la ponte et à l'incubation.

Le coût du transport et de l'immersion est également peu élevé. Les œufs, convenablement emballés avec mousse et glace, peuvent supporter des transports ou stockages de plusieurs jours, voire semaines, leur métabolisme étant très réduit ; c'est ainsi que diverses espèces de salmonides ont pu être introduites aux Iles Kerguelen, alors que les tentatives précédentes, par d'autres moyens avaient échoué (LESEL, THEREZIEN et VIBERT, à paraître). Les alevins vésiculés, en sac plastique sous oxygène, peuvent voyager avec un poids d'eau très réduit pendant plus de 24 heures, si la température reste assez basse. Notons par ailleurs que, dans le cas particulier des œufs en boîtes VIBERT, une certaine garantie d'origine peut exister, du fait de la limitation intentionnelle du nombre de salmoniculteurs habilités à délivrer ces boîtes.

b) Rusticité.

Les œufs ou les alevins vésiculés, contrairement aux sujets plus âgés, peuvent être facilement et économiquement produits en grand nombre dans des conditions amoindrissant au minimum leur rusticité ; ainsi, sous réserve d'un patrimoine héréditaire de qualité, dépendant du choix et du mode d'élevage des géniteurs, ces œufs ou alevins ont, au moment du déversement, des chances de réussite égales à celles de leurs homologues sauvages.

En effet, ils n'auront été soumis que pendant un temps très bref aux conditions artificielles de la pisciculture, et n'y auront notamment pas été nourris.

Toutefois, un facteur amoindrissant la rusticité subsiste encore dans la plupart des pisciculture classiques : l'incubation des œufs et l'élevage des alevins jusqu'à la résorption de la vésicule vitelline sur clayettes (ou en auges). Ce point mérite d'être examiné dans ce chapitre.

3. 12 — Influence de l'incubation et du développement sous les graviers

En 1956 et 1958, VIBERT montra que les jeunes alevins résistaient mieux au courant d'eau ou à des élévations de température lorsqu'ils provenaient d'œufs incubés sous graviers que lorsqu'ils étaient issus d'œufs, puis de larves, élevés sur clayettes classiques de pisciculture. En 1953 (traduction 1963), DISLER avait fait les mêmes observations, en mettant notamment en évidence l'importance de la position de l'alevin dans les interstices, la tête en haut, au lieu d'être couché comme il l'est sur les clayettes. BAMS (1970) a par ailleurs montré que, du fait de l'activité musculaire trop élevée sur ces clayettes, l'alevin à la résorption de la vésicule était plus petit et possédait moins de réserves nutritives que s'il s'était développé dans les graviers. Il est possible aussi que la présence de micro-organismes dans l'eau interstitielle favorise le développement du tube digestif de l'alevin. Divers aspects de cette question sont actuellement étudiés à la Station de Biarritz par LESEL (THIBAULT, CUINAT et LESEL, 1970).

Ce développement sous graviers est-il surtout important au stade œuf ? au stade alevin ? pendant quelle durée ? Les expériences de BAMS (1967) apportent à ce sujet des précisions importantes, d'après des tests précis de rusticité ; nous les résumerons ainsi :

Mode d'incubation ou d'élevage des œufs ou des alevins	Indices de rusticité relative : RESISTANCE		
	au courant	aux prédateurs	moyenne
(4/4 G) — Reproduction naturelle, incubation et résorption vésicule entièrement sous graviers	100	100	100
(2/4 G) — Incubation en clayette, résorption sous graviers	63	60	61,5
(1/4 G) — Incubation clayette, fin de résorption seulement sous gravier	51	50	50,5
(0/4 G) — Incubation et résorption entièrement en clayette	28	20	24

Dans ce tableau, nous avons pris pour base 100 les performances réalisées par le 1er groupe (4/4 G) ; si nous comparons les indices obtenus, nous constatons que :

— les résultats des tests de résistance au courant et aux prédateurs sont en étroite concordance ;

— le séjour sous graviers est important à tous les stades, qu'il s'agisse de l'œuf ou de l'alevin : plus la partie du développement effectuée sous graviers est longue, plus les performances des alevins sont bonnes.

La conséquence pratique est la suivante : on déversera sous graviers, dans le cours d'eau à repeupler, par ordre de préférence :

1 — des œufs « embryonnés » (*),

2 — des œufs quelques jours avant l'éclosion,

3 — des alevins vésiculés,

4 — des alevins finissant de résorber leur vésicule.

Toutefois, les risques de crues et d'apports excessifs de limons seront à prendre en considération, nécessitant un choix qui sera fonction des conditions locales. Remarquons qu'il est également possible d'opérer sous graviers à la pisciculture elle-même, de récupérer les alevins lorsqu'ils en émergent et de les déverser aussitôt en rivière (sous gravier de préférence).

3. 13 — Modalités d'utilisation

Pour que l'incubation des œufs se poursuive et que la résorption de la vésicule s'effectue dans de bonnes conditions, il est nécessaire que les graviers où sont immergés ces œufs ou alevins soient propres, sans dépôt de sable, limon ou vase important ; la réussite à l'émergence sera alors très voisine de 100 %. Or il se trouve que ce sont le plus souvent les cours d'eau dans lesquels les fonds sont colmatés qui ont justement le plus faible peuplement en truites par rapport à leur capacité biotique, et qui auraient donc le plus besoin d'être repeuplés (type de cours d'eau s'apparentant au 2ème cas, chapitre 2. 3.).

Peut-on conserver les avantages d'économie et de rusticité cités plus haut, en utilisant des œufs ou alevins vésiculés dans cet environnement qui leur est, au départ, hostile ? De nombreuses observations ou expériences permettent de répondre par l'affirmative.

— Dans les parcours contenant les cailloux et graviers colmatés par des éléments plus fins, il est possible de constituer localement et temporairement des tas de matériaux propres, à l'aide d'un rateau ou outil analogue.

— Il est également possible d'apporter des cailloux dans une rivière qui en manque. CHIMITS (1958) a obtenu de bons résultats dans des rivières à fond de sable, en implantant des lits de galets retenus par un madrier transversal ; il a également conçu des « caisses frayères » en grillage, que l'on remplit de galets. Dans plusieurs rivières importantes, on utilise des cageots remplis de cailloux, dans lesquels on place une boîte VIBERT. Il nous paraît aussi possible d'utiliser des gabions, de faible hauteur et de poids modéré. En effet, dans un cours d'eau ne possédant pas de cailloux propres, ceux que l'on introduira se colmateront inéluctablement d'un hiver à l'autre ; il est nécessaire de pouvoir les nettoyer, avant la mise en place des œufs ou alevins ; pour cela les procédés permettant de manipuler facilement ces frayères artificielles sont préférables.

(*) *Mis à part les 2 ou 3 jours qui suivent la fécondation, les œufs supportent mal les manipulations avant l'apparition des yeux ; c'est aussi à ce stade que le pisciculteur peut éliminer la plupart des œufs morts ; les mortalités sont habituellement très faibles ensuite.*

— Enfin, parmi les divers dispositifs permettant l'incubation et la résorption de la vésicule dans le cours d'eau à repeupler, avec une protection contre les prédateurs, nous signalerons la « gravière GUYARD à courant ascendant », mise au point récemment. Elle permet, avec divers réglages et protections possibles, l'incubation d'un grand nombre d'œufs (10 à 20 000) dans des cailloux. Les alevins à vésicule résorbée peuvent s'en échapper d'eux-mêmes : ils seront alors exposés aux prédateurs jusqu'à ce qu'ils aient pu gagner des zones propices non occupées. Ils peuvent aussi être recueillis et répartis dans le cours d'eau. L'usage de ce dispositif se situe ainsi aux limites entre le repeuplement et la pisciculture.

La condition indispensable, à notre avis, à une bonne réussite, est que ces frayères artificielles soient implantées à proximité de zones convenant à la vie des alevins dans leurs premiers stades. Nous avons vu en effet que l'alevin était très vulnérable lors de l'émergence, et qu'il devait trouver rapidement une zone peu profonde, moyennement courante, présentant des irrégularités susceptibles de servir de « postes de chasse » et d'abris.

Une autre façon de pallier le manque de frayères, ou de zones propices aux alevins, consiste à placer œufs ou alevins vésiculés dans de petits ruisseaux affluents, à proximité du cours d'eau à repeupler ; les résultats semblent dans l'ensemble positifs, bien que des expériences restent à notre avis nécessaires, pour préciser les modalités des dévalaisons ultérieures (*).

Sur le mode d'immersion des œufs ou des alevins vésiculés, nous ne ferons qu'ajouter quelques précisions aux documents déjà publiés sur la question, notamment par VIBERT (1949) et par PEZON (1970).

— Le tas (ou la cagette) de cailloux et graviers doit être situé à un endroit où la vitesse du courant et le profil du fond favoriseront une forte percolation et réduiront les risques de colmatage par des éléments fins, tout en exposant peu les œufs à être emportés par les crues. Pour cela, les opérateurs doivent revenir au moins une fois observer « leurs frayères », pour acquérir une bonne expérience et corriger ultérieurement leurs erreurs éventuelles.

— La granulométrie du fond ne doit pas être trop réduite : dans un fond comportant plus de moitié de sable et dont les graviers ne dépassent pas la taille d'une grosse noisette, les œufs ont plus de chance d'être asphyxiés, ou les alevins de rester bloqués dans la boîte. DILL et NORTHCOTE, 1970, ont obtenu un plus grand nombre d'alevins de Saumon pacifique, (Chum Salmon) à partir d'œufs en boîte VIBERT immergés dans des cailloux (5 à 10 cm) que dans des graviers (1 à 4 cm) ; ils n'ont par contre pas trouvé de différence entre une profondeur d'enfouissement de 20 et de 30 cm, ni entre une densité de 50 et de 100 œufs par boîte.

— Les alevins vésiculés, ou même ayant à peu près terminé la résorption, doivent être déversés dans des conditions analogues aux œufs, c'est-à-dire **dans** des lits de cailloux non colmatés, et non simplement posés sur le fond. Pour cela, la méthode employée en Irlande pour les alevins de Saumon est à recommander : on les déverse, avec de l'eau, dans un tuyau dont l'extrémité inférieure est placée au milieu de la frayère artificielle (GODARD, communication personnelle). L'alevin sera mieux protégé des prédateurs (vairons et chabots notamment) et libre d'émerger au stade et à l'heure qu'il choisira, ce qui, nous l'avons vu, est important pour sa survie. Cette méthode peut

---

(*) Nous espérons entreprendre des essais sur ce sujet à la Station de Biarritz.

même être utilisée pour l'immersion d'œufs lorsqu'on n'emploie pas la boîte VIBERT.

3. 14 — Rentabilité

Le prix de revient de la truite capturée, à partir de ce mode de repeuplement, est très variable selon le taux de survie. Plaçons-nous dans des conditions de croissance moyenne, où la truite atteindrait la taille légale à 3 ans, et reprenons les deux cas du paragraphe 2. 3. :

1er : Cours d'eau déjà suffisamment peuplé en alevins : le nombre de truites capturables au bout de 2 ans 1/2 ne sera pas augmenté (voir. fig. 2) et le repeuplement aura été fait en pure perte pour le parcours.

2ème : a) Cours d'eau insuffisamment peuplé en alevins par rapport à sa capacité biotique, permettant aux œufs ou alevins vésiculés introduits de survivre dans une proportion de 10 % dans la 1ère année et de 25 % par an pour les années suivantes : 1 000 œufs ou alevins donneront environ 6 truites. Si nous évaluons à 12 F le prix moyen de ces 1 000 œufs ou alevins, le prix de revient de la truite capturable obtenu sera de 12 F / 6 = 2 F (*).

b) Cours d'eau entièrement dépeuplé en truites, pour une raison accidentelle (extrême surexploitation, empoisonnement non chronique, absence de frayères naturelles), sans altération permanente de l'habitat vis-à-vis de l'alevin et des truites plus âgées ; les taux de survie pourront être supérieurs pourvu que les œufs ou alevins soient déversés sous une densité normale, variable selon la capacité biotique (pas plus de 10/m² en ruisseau, ou 5/m² en rivière moyenne) : 20 % dans la première année, 40 % ensuite ; 1 000 œufs ou alevins procureront alors 32 truites capturables, d'un prix de revient de 0,37 F chacune (*).

Les deux cas extrêmes se rencontrent rarement ; dans les conditions courantes, le prix de revient de la truite capturable se situera le plus souvent entre 0,50 et 3,00 F (**).

Deux remarques sont encore à faire :

— Les frais de transport et de déversement n'interviennent pas dans ces calculs ; ils sont minimaux avec ce type de repeuplement, par rapport à ceux que nous examinerons plus bas.

— Les truites capturables auront un comportement, une robe et une chair absolument comparables à celles issues de la reproduction naturelle. Celles qui ne seront pas capturées seront capables de se reproduire dans le cours d'eau. Les nombreux cas d'acclimatation de la Truite réussie avec des œufs, alors que celle-ci avait échoué avec des alevins ou truitelles de pisciculture, illustrent ce fait.

Ainsi, ce mode de repeuplement présente des avantages incontestables, dans la mesure où il est utilisé à bon escient. Sa réussite est conditionnée en effet par une bonne adaptation de la mise en charge à la capacité biotique disponible dans le cours d'eau, par le choix et la préparation éventuelle des

(*) *Si le taux de croissance est plus rapide, les survies jusquà la taille légale seront supérieures et les prix de revient inférieurs.*

(**) *Ces évaluations supposent que la présence des sujets issus de ces repeuplements ne réduit pas les taux de croissance et de survie des sujets issus de la reproduction naturelle.*

emplacements de déversement, et si nécessaire par un limitation préalable des prédateurs (voir § 2. 3.).

3. 2. — Repeuplement par alevins ou truitelles de moins d'un an.

Ce mode de repeuplement repose sur l'idée qu'en nourrissant les alevins en pisciculture pour ne les libérer qu'ayant acquis une certaine taille (5 à 10 cm), on réduira considérablement l'action des prédateurs et des divers facteurs d'adversité existant dans le milieu sauvage, augmentant ainsi le pourcentage de survie jusqu'à la taille de capture.

L'extension de ce mode de repeuplement s'est poursuivi en même temps que l'accroissement des possibilités de production en salmoniculture intensive. Quels résultats donne-t-il à la lumière des expériences de marquage effectuées depuis une quinzaine d'années, en France et à l'étranger? Nous les examinerons en les classant en deux groupes, foncièrement différents, selon que les sujets proviennent de pisciculture intensive ou non.

3. 21 — Alevins ou truitelles de pisciculture intensive

Bien que les déversements d'**alevins de trois à quatre mois** soient couramment employés en France, la difficulté de marquage fait que nous disposons d'assez peu de résultats objectifs. En effet, les alevins mesurant moins de 6 ou 7 cm ne peuvent actuellement être marqués sans danger que par ablation de nageoire, ce qui limite les possibilités d'investigation.

Sur la VARENNE, cours d'eau à truites de Seine-Maritime, trois expériences portant chacune sur 600 alevins mesurant de 4 à 5,5 cm, déversés en avril, ont donné des taux de survie, au bout de 5 mois, de 5 %, 7,5 % et 14 % selon les parcours, la moyenne étant de 8,8 % (CUINAT 1965). La survie et les captures ultérieures par les pêcheurs n'ont pu être évaluées. Si nous supposons que le plus gros des mortalités s'est effectué dans cette période et qu'ensuite le taux de mortalité est devenu analogue à celui des truites autochtones, nous pouvons évaluer à 1 % le taux de survie global probable, du déversement à la taille légale (âge 2 ans 1/2). Le prix de revient de la truite capturable serait alors d'environ 15 F.

Les rendements de déversements de **truitelles de 6 à 12 mois** ont pu être évalués en diverses occasions :

— Dans la VARENNE, des truitelles de 6 à 11 cm, déversées dans les mêmes conditions que pour les expériences précédentes, ont donné 32 % de survie après 5 mois (CUINAT, 1965), ce qui permet d'évaluer à 8 % le taux de survie global jusqu'à la taille légale (prix de revient de la truite capturable : 6 F).

— Dans la NIVELLE (Pyrénées-Atlantiques), des truitelles de 13 cm en moyenne (10 à 16 cm), déversées en février, ont procuré 14 % de reprises par les pêcheurs, en avril et mai, à une taille moyenne de 15,5 cm (presque toutes au-dessous de la taille légale). Aucune capture ni survie ultérieure n'ont été observées.

— Dans la DORE (Puy-de-Dôme), des truitelles de 13,5 cm en moyenne ont donné 5 % de reprises déclarées par les pêcheurs, 7, 8 et 9 mois plus tard, la plupart de ces reprises se situant de 4 à 10 km en aval (maximum enregistré : 24 km). Un inventaire 10 mois après déversement n'a permis de

retrouver aucun de ces poissons dans le secteur de déversement (CUINAT et CASAUBON, 1963).

· Il semble que les taux de survie soient particulièrement faibles lorsque les truitelles de pisciculture sont déversées à l'entrée de l'hiver : il leur faudra s'adapter à la vie en rivière justement dans une période où les ressources alimentaires sont restreintes et les conditions de vie plus difficiles dans la plupart des cours d'eau. C'est en hiver que les mortalités sont les plus élevées et la croissance la plus lente dans les populations de truites sauvages. Ainsi, nous pensons que, sauf cas particulier, si l'on veut utiliser des truitelles de pisciculture, mieux vaut les déverser au début du printemps, même si cela doit poser quelques problèmes de stockage dans certaines pisciculture.

Compte tenu de quelques autres expériences dont nous avons eu connaissance, dans d'autres rivières françaises ou américaines,, on peut situer entre 5 et 20 % le taux de survie des truitelles de 6 à 12 mois jusqu'à la taille de capture, ce qui permet d'évaluer le prix de revient de la truite capturable entre 2,50 et 10 F, si l'on se base sur un coût moyen de 0,50 F par truite déversée.

On observe par ailleurs que les dévalaisons sont assez fréquentes et que les taux de survie à long terme dans le cours d'eau sont inférieurs à ceux observés chez les truites indigènes.

Ces résultats nous montrent que les taux de disparition après déversement restent généralement élevés, alors que les coûts de production, de transport et de déversement sont nettement plus élevés que lorsque l'on utilise des sujets non nourris. Comment l'expliquer ?

La faculté de résister aux divers facteurs adverses du milieu sauvage, de s'adapter au courant d'eau, d'échapper aux prédateurs, de rechercher sa nourriture, etc., conditionnant la croissance et la survie en eau courante, dépend de beaucoup d'autres facteurs que de la taille au déversement ; cette faculté d'adaptation et de survie est généralement qualifiée de « rusticité ».

Tous les biologistes des pêches s'accordent pour constater que la rusticité est d'autant plus réduite, par rapport aux sujets issus de la reproduction naturelle, que le séjour en pisciculture intensive aura été plus long (action sur le phénotype) et que l'élevage s'effectue depuis un plus grand nombre de générations (action sur le génotype). COOPER (1959) en résume ainsi l'explication :

« Il serait anormal que des poissons, sélectionnés depuis de nombreuses générations à améliorer leurs performances dans les conditions de la pisciculture, aient gardé les caractères anatomiques, physiologiques et de comportement qui leur permettront de survivre dans un environnement naturel aussi bien que des poissons sauvages ».

VIBERT et LAGLER (1961), dans l'important chapitre qu'ils consacrent aux repeuplements, présentent des courbes types de survie en pisciculture, puis en eau libre (fig. 5) et constatent que « ... la sélection naturelle est susceptible de reprendre ce dont elle a été frustrée, et même au delà sur des sujets dont la rusticité a pu être amoindrie, soit de façon temporaire par la fatigue due au transport et au changement de milieu, soit de façon durable par certaines conditions artificielles de l'élevage ».

C'est à partir de ces constatations que, à côté des méthodes classiques de salmoniculture, s'est développée la production extensive de truitelles, dans

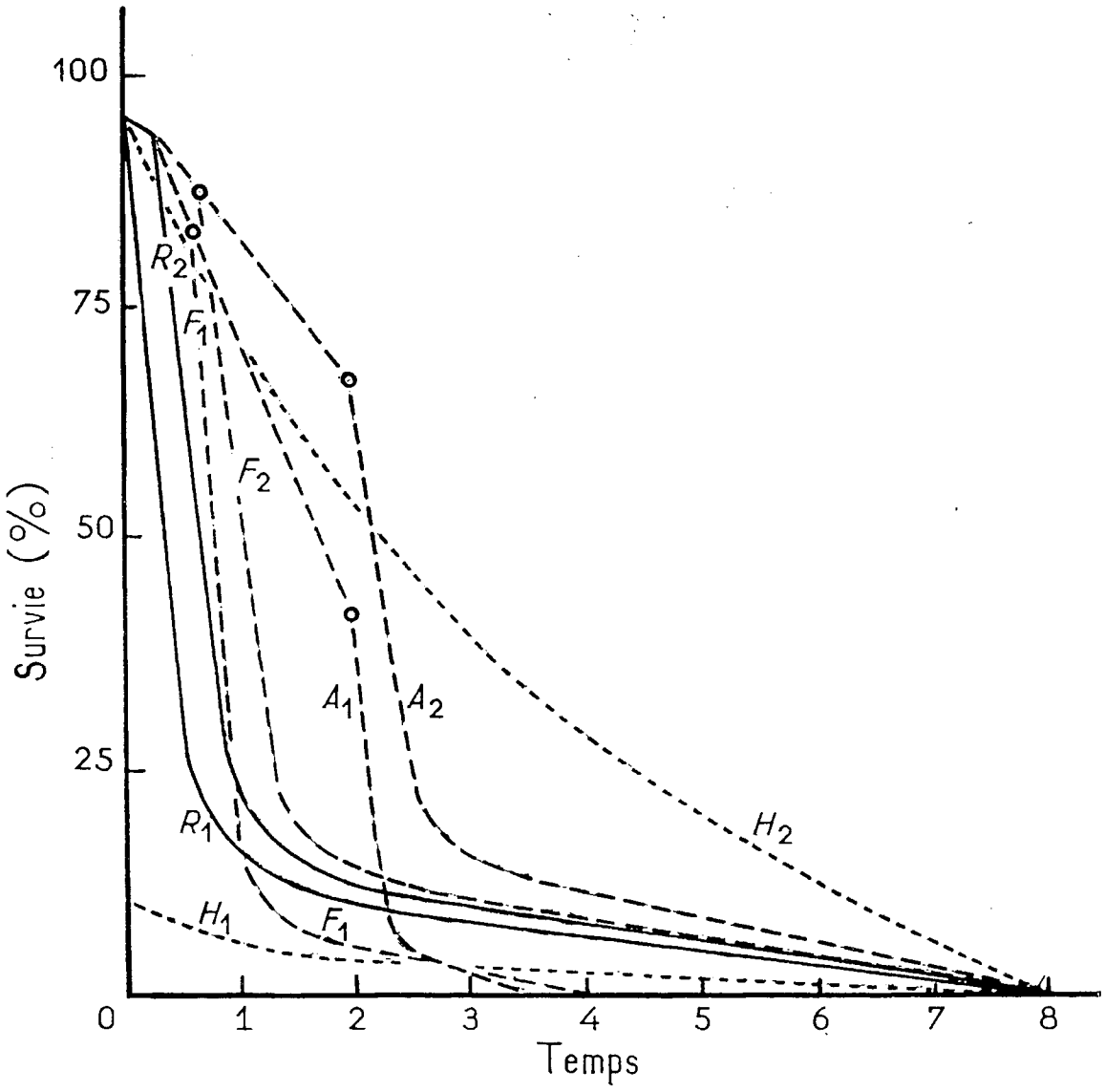

Fig. 5 — Allure générale de quelques courbes types de survie des poissons (à partir du nombre d'œufs).

o : Epoque de déversement en eau libre des produits de pisciculture.

H_1 : Survie dans la nature d'après conception ancienne.

H_2 : Survie consécutive à la fécondation artificielle et à la pisciculture d'après conception ancienne.

R_1 : Survie effective dans la nature pour espèces sans protection des œufs.

R_2 : Survie effective dans la nature pour espèces avec protection des œufs.

F_1 : Survie d'un repeuplement en truitelles déficientes.

F_2 : Survie d'un repeuplement en truitelles non déficientes.

A_1 : Survie d'un repeuplement en truites de deux ans déficientes.

A_2 : Survie d'un repeuplement en truites de deux ans non déficientes.

(d'après VIBERT et LAGLER, 1961)

des conditions les préparant le mieux possible à la vie en eau courante « sauvage ». Cette production a pris, depuis une dizaine d'années (en liaison avec la mise au point des techniques de pêche électrique), une importance notable, particulièrement en Suisse, en Autriche et en France.

3. 22 — Alevins ou truitelles issus de « rigoles d'alevinage » ou de « ruisseaux pépinières »

Après discussion à un récent colloque de Biologie des Pêches (Biarritz, 1969), les définitions suivantes peuvent être retenues :
Rigole d'alevinage : plan d'eau courante créé par l'homme et de débit réglable, utilisé pour la production de jeunes poissons destinés au repeuplement.
Ruisseau pépinière (encore appelé « ruisseau pouponnière », ou « ruisseau frayère ») : plan d'eau courante naturel utilisé pour la production de jeunes poissons destinés au repeuplement.

Ces modes de production et leur intérêt pour le repeuplement ont déjà fait l'objet de diverses publications techniques :

- Les transferts de population - Intérêt et technique, R. CUINAT 1964 a.
- Quelques conseils pour l'aménagement et l'exploitation des rigoles d'alevinage, R. CUINAT 1964 b.
- Ruisseaux pépinières : rendement, conditions, LESAGE DE LA HAYE, 1967.
- Propos sur les rigoles d'alevinage, BURDIN, 1967.
- Production de truitelles de repeuplement en ruisseaux pépinières ou en rigoles d'alevinage - Essai de synthèse des résultats des Régions Piscicoles, R. CUINAT, collaboration des Conseillers Techniques des Régions Piscicoles, 1969 a.

Nous ne ferons, dans ce document, qu'ajouter quelques précisions complémentaires aux modalités d'exploitation et aux résultats présentés dans ces diverses publications, en insistant sur les bases écologiques de ce mode de production ; nous traiterons successivement des ruisseaux pépinières puis des rigoles d'alevinage.

3. 221 — Ruisseaux pépinières.

a) Bases écologiques - modalités d'exploitation

L'existence, dans beaucoup de ruisseaux, de populations de truites très denses, mais à croissance individuelle lente, a été de longue date remarquée par les biologistes comme par les pêcheurs. La plupart pensaient que ces « têtes de cours d'eau » contribuaient, par l'émigration des truites en surnombre, au repeuplement des parcours moins peuplés situés en aval. Certains biologistes toutefois, comme MILLER (1953), montrèrent que cette contribution était négligeable et que tout se passait comme si les populations étaient tout à fait indépendantes de celles de l'aval.

Sur la rivière expérimentale LAWRENCE CREEK, aux Etats-Unis, les secteurs d'amont fournissaient 21 % des captures totales : mis en réserve, ils n'y contribuent plus, par dévalaison de truitelles ou de truites, que pour 1 % ; cette protection ne présente donc aucun avantage (HUNT et BRYNILDSON, 1964).

Ces données contredisent apparemment les observations faites par HUET (1961), TIMMERMANS (1966) ou CUINAT (1965), concernant les déplacements d'alevins ou truitelles, en nombre appréciable, de ruisseaux affluents vers la

rivière, ainsi que par d'autres auteurs, notamment LIBOSVARSKY (1967) sur les migrations de reproduction de la rivière vers les affluents.

En fait, il nous semble que les différences de comportement soient surtout liées à la distance des parcours de ruisseau considérés, par rapport au cours d'eau principal, ainsi évidemment qu'à la présence ou non d'obstacles entre les deux.

Il est à noter par ailleurs que des observations plus récentes (ELLIOTT, 1966 ; CUINAT, 1969 b) ont révélé que des dévalaisons d'alevins très jeunes (de l'émergence à l'âge de 4 à 5 mois) existaient à partir de ruisseaux dans lesquels la population de truites plus âgées ne montrait par contre aucune tendance migratice. Il est probable que ce phénomène se produise à partir d'un très grand nombre de ruisseaux à peuplement relativement dense par rapport à la capacité biotique, mais qu'il ait échappé à la plupart des investigateurs, du fait de la petite taille des alevins à ce moment (2,5 à 4 cm). Cette petite taille rendant également le marquage problématique, il est difficile à l'heure actuelle d'évaluer le taux de survie ultérieur de ces alevins « nomades ». CHAPMAN (1962) a montré que les alevins de Saumon Pacifique (Coho salmon), dévalant faute d'avoir pu acquérir ou défendre un territoire, s'installaient s'ils trouvaient des parcours non occupés en aval. Sur le ruisseau LIZURAGA, en cours d'étude par la Station d'Hydrobiologie de Biarritz, CUINAT (THIBAULT, CUINAT et LESEL, 1970) a observé chez des alevins de 3 à 4 cm, récoltés dans des pièges à la dévalaison, un taux de survie de 25 % en 4 mois, après introduction dans une rigole expérimentale non peuplée.

Il est possible que, dévalant presque touours pendant la nuit, une part non négligeable de ces alevins échappe aux prédateurs au cours de leur migration, et contribue de façon appréciable au repeuplement de parcours aval. Ce point, qui nécessite encore d'être éclairci, est très important en matière d'aménagement, notamment quant à la densité d'ensemencement en œufs ou alevins vésiculés (*).

En fonction de ces données sur l'écologie et le comportement de la Truite, l'utilisation des ruisseaux-pépinières peut se concevoir ainsi :

— Les ruisseaux ou fractions de ruisseaux à forte densité de population et à croissance lente, donc généralement de faible valeur pour la pêche, peuvent faire l'objet de ponctions, par pêches électriques, d'une partie de leur population de truites, s'ils sont éloignés d'une rivière à Truite sous-peuplée. Les premiers « transferts de population » ont été entrepris en France par VIBERT (1957) sur le bassin de la NIVELLE. Les marquages (CUINAT, 1964 b) y ont montré que les truites transférées s'accroissaient pratiquement aussi vite dans leur nouveau milieu que celles qui en étaient originaires (fig. 6).

— Les transferts peuvent soit porter sur la totalité des captures, étant alors suivis d'une immersion d'œufs ou d'alevins vésiculés dans le ruisseau, soit simplement sur une partie des truitelles de l'année, celles qui restent suffisant à repeupler ultérieurement le ruisseau ; dans le 2ème cas, ce ruisseau peut garder toute sa valeur pour la pêche, les mortalités par compétition étant automatiquement diminuées à la suite de l'éclaircie ; les alevins obtenus seront aussi génotypiquement sauvages, contrairement au 1er cas.

(*) L'étude des caractères sérologiques, appliquée à la détermination des différentes populations de truites, vivant dans l'ensemble d'un bassin fluvial, devrait, dans un proche avenir, fournir de précieux renseignements sur cette question.

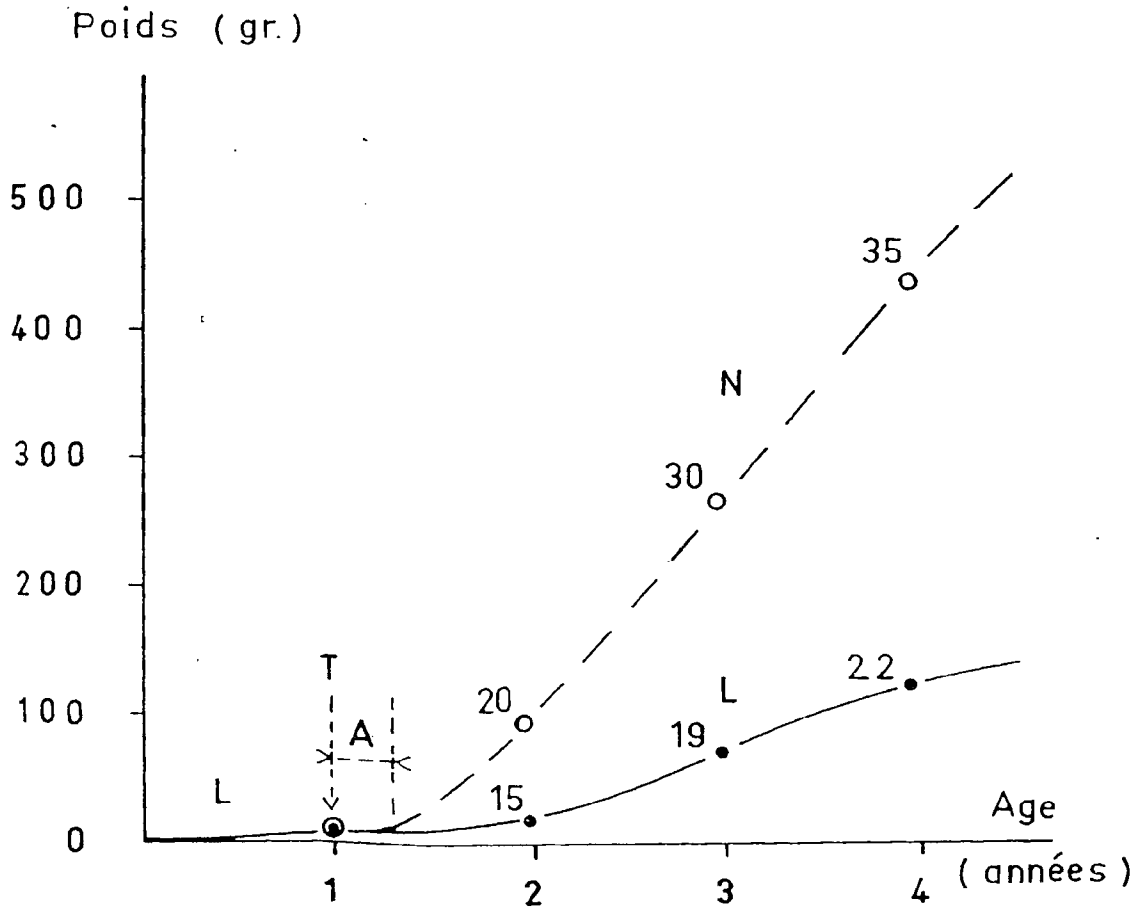

Fig. 6 — **Croissance en poids de truites originaires d'un ruisseau pépinière (Lissuraga, Sare, Pyrénées-Atlantiques), transférées ou non.**

La courbe L est relative aux truites vivant dans le ruisseau pépinière, à faible capacité biogénique et à assez forte densité de population. La courbe N est relative aux truites transférées à l'âge d'un an (T) dans la Nivelle, cours d'eau à capacité biogénique assez forte et à densité de population assez faible. On observe une période d'adaptation de 2 à 4 mois après le transfert dans laquelle la croissance est faible. Les nombres indiquent les longueurs moyennes des truites, en centimètres.

Les deux modes d'exploitation peuvent aussi être combinés, dans certains ruisseaux pépinières « marginaux », peu propices à la reproduction naturelle.

Dans tous les cas, on profite des pêches électriques pour éliminer le plus possible de poissons d'espèces prédatrices (anguilles) ou même compétitrices.

b) Résultats - Caractères des truitelles obtenues.

Les jeunes truites recueillies mesurent en général de 6 à 12 cm, à l'âge de 9 à 11 mois. Des marquages, effectués de 1959 à 1961, à la Station de Biarritz, ont permis, après libération d'environ 1 000 truitelles de ruisseaux pépinières dans la NIVELLE, cours d'eau à truites assez peu peuplé et à capacité biotique assez forte, de faire les constatations suivantes :

— Amélioration de la croissance : 8 cm dans l'année suivant le transfert, au lieu de 3 à 4 cm dans le ruisseau d'origine ; la lenteur de croissance n'était donc pas un caractère racial, comme on l'avait souvent soupçonné à tort, mais due essentiellement à l'environnement.

— La capturabilité est inférieure à celle des truitelles de pisciculture intensive, ce qui, même dans un parcours très pêché, explique que le taux de reprise soit assez peu élevé : 11 % de reprises déclarées seulement.

— Le taux de survie est très supérieur à celui des truitelles « intensives » : de l'ordre de 30 % par an, soit approximativement le même taux que les truites indigènes.

La combinaison de ces trois caractères aboutit aux résultats présentés figure 7 : les reprises sont peu importantes, mais réparties tout au long de la saison de pêche, et cela pendant 2 saisons consécutives. Deux ans après transfert, un nombre appréciable de ces truites sont encore présentes dans le parcours et susceptibles de se reproduire (*) ; certaines d'entre elles sont encore capturées, à une forte taille, dans ce parcours dans la 3ème saison après transfert (*).

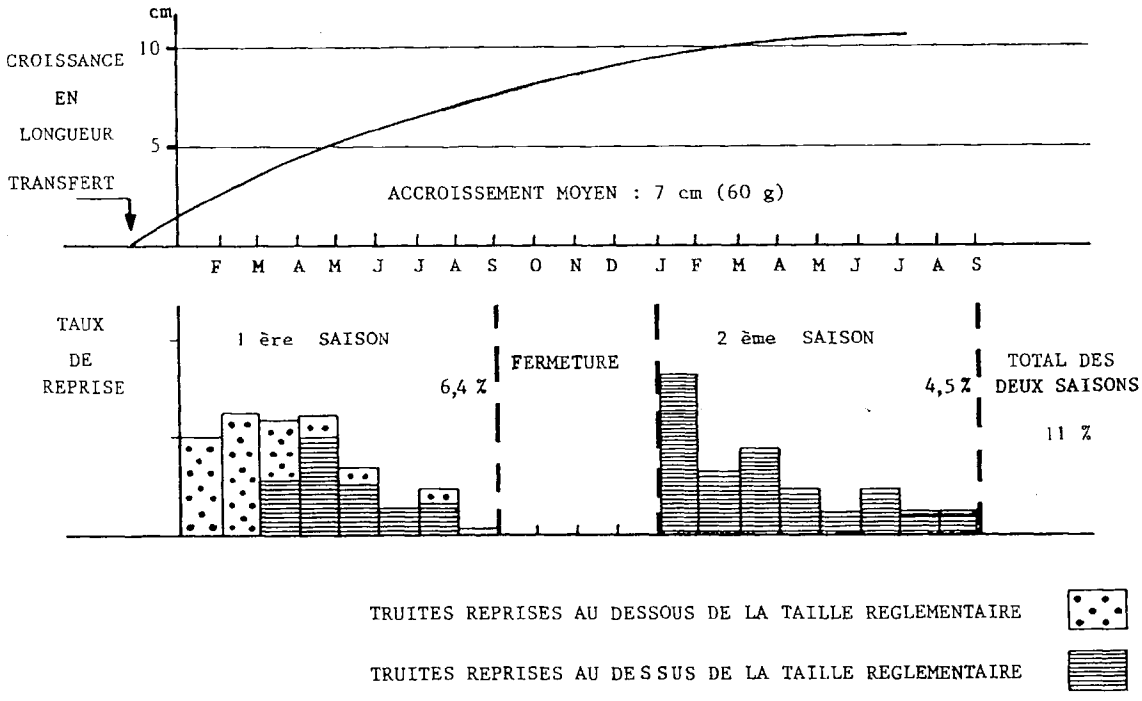

Fig. 7 — Coissance et reprises déclarées après transfert de truitelles de ruisseaux pépinères dans la Nivelle.

Les données relatives aux reprises dans la 3me saison ne sont pas portées sur ce graphique (voir texte).

Il est à noter par ailleurs que, durant les années 1959 et 1960, dans ce parcours de la NIVELLE d'une longueur de près d'un kilomètre, près d'un tiers des truites de plus de 12 cm était constitué par des sujets provenant de transfert. Ce résultat n'avait pu être acquis que grâce à l'exploitation de plusieurs

(*) *La plupart d'entre elles ayant perdu leur marque au bout de 2 ans, nous n'avons pu évaluer de façon certaine les nombres survivants ou recapturés à partir de cette époque : les pourcentages portés sur la figure 7 sont donc inférieurs à la réalité.*

ruisseaux pépinières, d'une longueur totale de près de cinq kilomètres. Un bon ruisseau peut difficilement fournir plus de 0,3 — exceptionnellement jusqu'à 1 — triutelles de 10 ou 11 mois au mètre/carré, soit pour un ruisseau de 2 mètres de large, 300 truitelles au kilomètre.

D'autres expériences de marquage de truitelles issues de ruisseaux pépinières ,dans la Haute-Loire, le Puy-de-Dôme et la Corrèze notamment, ont donné des résultats analogues : reprises assez peu nombreuses, mais étalées dans le temps, tout comme pour les truites indigènes.

Il est difficile d'évaluer le prix de revient de la truite capturable obtenue, car le coût des truitelles récupérées en ruisseaux-pépinières comporte des éléments difficiles à chiffrer. Si nous ne comptons que les frais de pêche électrique, nous pouvons l'estimer à 0,60 F environ. Avec un taux de survie, jusqu'à la taille légale, de 40 % (*) (cas de l'exemple cité sur la NIVELLE), la truite capturable revient à 1,50 F. Avec un taux de survie moins élevé (25 %), elle reviendrait à 2,40 F.

3. 222 — Rigoles d'alevinage.

L'exploitation d'un nombre suffisant de ruisseaux pose des difficultés à beaucoup de sociétés de pêche : les riverains sont en effet rarement des écologistes. D'où l'idée de créer des ruisseaux artificiels, ou d'aménager des biefs d'irrigation ou de drainage, sans valeur pour la pêche, en rigoles d'alevinage ; généralement peu convenables à la reproduction naturelle, ces rigoles sont ensemencées en œufs ou alevins vésiculés et ne contiendront qu'un groupe d'âge de truites, récupérées avant l'ensemencement suivant. De très nombreuses rigoles sont ainsi exploitées depuis plusieurs années en France ; notamment dans la Drôme et l'Isère (Région Piscicole de LYON), ainsi que dans les Régions Piscicoles de RENNES, de POITIERS et de TOULOUSE.

Les modalités d'ensemencement et d'exploitation de ces rigoles varient selon les régions, les responsables adaptant leurs techniques aux diverses conditions locales. D'une façon générale, certaines remarques peuvent être formulées, à la suite du récent Colloque de Biarritz (CUINAT, 1969 a) :

a) Mise en charge, taux de reprise, rendement au mètre carré.

— Les densités d'œufs ou d'alevins vésiculés immergés au mètre carré (mise en charge) sont très variables selon les régions : de 1,1 à 32 au mètre carré.

— Les taux de reprise varient entre 20 et 80 %. Ils sont, en général, d'autant plus faibles que la densité de mise en charge est plus forte, du fait de l'augmentation des mortalités ou émigrations par compétition.

— Les rendements obtenus s'échelonnent entre 0,1 et 3,6 truitelles au mètre carré, selon la capacité biotique de la rigole, les rendements les plus fréquents se tenant entre 0,5 et 2 par mètre carré.

Pour un groupe de rigoles exploitées dans une même région, si l'on compare les mises en charge aux rendements obtenus dans chacune des rigoles,

---

(*) *Rappelons que, comme dans les précédentes évaluations, nous parlons de truite « capturable » et non « capturée ». Lorsqu'il s'agit de truites domestiquées en pisciculture, à forte capturabilité, le taux de reprise égale généralement le taux de survie jusqu'à la taille légale ; dans le cas de truites issues d'œufs ou alevins non nourris, ou de truitelles de transfert, le taux de reprise est nettement inférieur au taux de survie jusqu'à la taille légale.*

on peut déterminer approximativement une valeur de la mise en charge au-dessus de laquelle les rendements n'augmentent plus ; ces valeurs sont par exemple de 10 à 12/m² pour RENNES (APP de VIRES et Côtes du Nord) (rendement correspondant 1,7/m²), de 9 truitelles par m² pour LYON (rendement correspondant : 1,5/m²), de 7/m² pour la Drôme (rendement correspondant : 0,9/m²).

b) Modalités d'exploitation.

— Les grilles destinées à arrêter les alevins, entraînant de trop lourdes sujétions de nettoyages (à moins qu'il ne s'agisse de grilles à défeuillage automatique) s'avèrent le plus souvent d'un faible intérêt ; les grilles à plus grande maille, limitant l'entrée des prédateurs, peuvent être par contre utiles.
— En liaison avec ce que nous avons vu au chapitre 2.1, le fait de récolter des alevins à deux reprises au cours d'une année d'exploitation (une pêche d'été, puis une pêche d'automne ou d'hiver) peut augmenter sensiblement la production annuelle de la rigole ; cette méthode est souvent appliquée dans la Région Piscicole de LYON.

c) Distribution de nourriture.

Parmi les essais de nourrissage des alevins en rigoles, ceux réalisés par DUCRET (non publié), méritent d'être cités. A la pisciculture du Mas de MEROU (Hérault), deux rigoles bétonnées, comportant des cascades tous les 8 à 10 m, ont été garnies de graviers et de nombreuses tuiles canal posées sur le fond. L'eau provient d'une source ; elle est très pure, froide et calcaire. L'ensemencement est fait par boîtes VIBERT, en surnombre. Une pâtée d'aliment artificiel est déposée chaque matin sur des grilles disposées tous les 4 à 5 mètres. Les rendements obtenus, en truitelles de 10 mois, en 1969, ont été respectivement de 7 et de 30 au mètre carré, soit dans cette dernière rigole, 300 000 truitelles, soit 4,5 tonnes à l'hectare !

De telles densités s'apparentent à celles que l'on peut trouver en pisciculture intensive. Trois caractères en diffèrent toutefois nettement :

— la rapidité du courant et les nombreux abris dont disposent les truitelles, qui permettent (ou obligent) à une grande partie d'entre elles de conserver leur comportement territorial, alors qu'il est presque toujours « brisé » dans des conditions d'élevage intensif habituel ;

— l'absence de traitements préventifs ou curatifs, qui laisse probablement ainsi la place à une certaine sélection naturelle ;

— la distribution de nourriture non pas « à la volée » et à heures fixes, mais effectuée de façon que les truitelles ne mangent pas en présence de l'homme et restent relativement « sauvages ».

Même si des expériences ultérieures, que nous nous proposons d'entreprendre à la Station de Biarritz, font apparaître une rusticité inférieure à celle des truitelles obtenues sans nourrisage, il est certain que ce type d'élevage semi-intensif présente un très grand intérêt, ne serait-ce que par l'économie de main-d'œuvre qu'il peut constituer.

d) Rusticité des truitelles obtenues en rigole d'alevinage.

Etant donné les assez faibles possibilités de production de la plupart des rigoles d'alevinage, leur exploitation ne se justifie que dans la mesure où la rusticité des truitelles obtenues, même si elle n'atteint pas celle des truitelles

« sauvages », récoltées en ruisseaux pépinières, est significativement supérieure à celle des truitelles produites en élevage intensif classique.

Nous n'avons pas connaissance de résultats de marquages à partir de rigoles ; nous espérons entreprendre prochainement des expériences de survie après libération, comparant notamment les origines suivantes :

— salmoniculture intensive,

— rigoles avec nourrissage,

— rigoles sans nourrissage,

— ruisseaux pépinières (ensemencés chaque année),

— ruisseaux pépinières entièrement naturels (ponctions partielles).

Cet important problème de l'influence des conditions d'élevage sur la rusticité sera abordé dans un chapitre ultérieur.

BIBLIOGRAPHIE
relative à la première partie

ALEXANDER G.R., SHETTER D.S., 1969. Trout production and angling success from matched planting of brook trout and rainbow trout in East Fish Lake, Michigan. *J. Wildl. Mgmt.*, 33, 3, 682 - 692.

ALLEN K.R., 1951. The Horikiwi stream. A study of a trout population. *Fish. Bull. N.Z.*, 10, 231 p.

ALLEN K.R., 1969. Limitation of production in salmonid populations in streams. In NORTHCOTE T.G. *Symposium on salmon and trout streams*, 1 vol., 3-18, Univ. British Columbia, Vancouver.

ARRIGNON J., 1966. Action d'une population de brochets, *Esox lucius* L., sur le cheptel trutticole hébergé par les eaux de première catégorie. *Bull. Ec. nat. sup. Agron, Nancy*, 8, 1, 39-47.

ARRIGNON J., 1970. Aménagement piscicole des eaux intérieures, 1 vol., 643 p. S.E.D.E.T.E.C. édit., Paris.

BAMS R.A., 1967. Différences in performance of naturally and artificially propagated Sockeye Salmon migrant fry, as measured with swimming and predation tests. *J. Fish Res. Bd Can.*, 24, 5, 1117-1153.

BAMS R.A., 1970. Adaptations of sockeye salmon associated with incubation in stream gravels. *Stud. Fish. Res. Bd Can.*, 1319-1355, 2, 115-131.

BURDIN G., 1967. Propos sur les rigoles d'alevinage. *Bull. off. Inf. Cons. sup. Pêche*, 67, 7-17.

BURNET A.M.R., 1968. A study of the relationships between Brown Trout and eels in a New Zeland stream. *Fish. Tech. Rep. N.Z. mar.* Dep., 26, 49 p.

CHAPMAN D.W., 1962. Aggressive behaviour of juvenile coho salmon as a cause of emigration. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 19, 6, 1047-1080.

CHIMITS P., 1958. Frayères artificielles pour salmonides. *Bull. fr. Piscic.*, 190, 5 - 12.

COOPER E.L., 1959. Trout stocking as an aid to fish management. *Bull. Pa. agric. Exp. Stn*, 663, 21 p.

CORDONE A.J., FRANTZ T.C., 1968. An evaluation of trout planting in lake Tahoé. *Calif. Fish. Game*, 54, 2, 68-89.

CUINAT R., 1964 a. Les transferts de populations. Intérêt et technique. *Plaisirs Pêche*, 88-89, 33-37.

CUINAT R., 1964 b. Quelques conseils pour l'aménagement et l'exploitation des rigoles d'alevinage. *Stn Hydrobiol. contin., Biarritz*, polycopié, 18 p.

CUINAT R., 1965. Caractères essentiels de quelques populations de truites en Seine-Maritime. *Stn Hydrobiol. contin., Biarritz*, polycopié, 81 p.

CUINAT R., 1969 a. Production de truitelles de repeuplement en ruisseaux pépinières ou en rigoles d'alevinage. Essai de synthèse des résultats des Régions Piscicoles. In *Colloque sur la biologie et l'aménagement des pêches*. Stn Hydrobiol., Biarritz, 18 p.

CUINAT R., 1969 b. Dévalaison d'alevins chez la Truite. Communication à la Société française pour l'Etude du Comportement Animal, 7 octobre 1969.

CUINAT R., à paraître. Principaux caractères démographiques observés sur 50 rivières à truites françaises. Influence de la pente et du calcium.

CUINAT R., VIBERT R., 1963. Diagnoses démographiques sur les populations de poissons dans des cours d'eau à truites. *Stud. rev. gen. Fish. coun. Mediterr.*, 21, 26 p.

CUINAT R., CASAUBON J., 1963. Résultats des déversements de truites d'élevage marquées dans quelques rivières du Puy-de-Dôme, de 1958 à 1960. *Bull. fr. Piscic.*, 209, 125-146 et 210, 8-31.

DILL L.M., NORTHCOTE T.G., 1970. Effects of some environmental factors on survival condition, and timing of emergence of chum salmon fry *(Oncorhynchus keta). J. Fish.* Res. Bd Can, 27, 1, 196-201.

DISLER N.N., 1953. Development of autumn chum salmon in the Amur river (en russe). Traduction en anglais, 1963. IPST cat. 763, 14 p. *Off. Tech. Serv., U.S. Dept., Commerce, Washington.*

ELLIOTT J.M., 1966. Downstream movements of trout fry *(Salmo trutta)*, in a Dartmoor Stream. *J. Fish. Res. Bd Can.*, 23, 1, 157-159.

HELAND M., à paraître. Observations sur les premières phases du comportement agonistique et territorial de la Truite commune, *Salmo trutta* L., en ruisseaux artificiels.

HUET M., 1961. Reproduction et migration de la truite commune *(Salmo trutta fario* L.), dans un ruisselet salmonicole de l'Ardenne belge. *Verh int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 14, 2, 757-762.

HUET M., 1970. Traité de pisciculture (4e édition, revue et compl. av. collaboration J.A TIMMERMANS). 1 vol., 718 p. ch. de Wyngaert édit., Bruxelles.

HUNT R.L., 1969, Effects of habitat alteration on production, standing crops and yield of brook trout in Lawrence creek, Wisconsin. In NORTHCOTE T.G., *Symposium on salmon and trout streams*, 1 vol., 281-312, Univ. British Columbia Vancouver.

HUNT R.L. BRYNILDSON O.M., 1964. A five-year study of a headwaters trout refuge. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 93, 2, 194-196.

KALLEBERG H., 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout, *Salmo salar* L. and *Salmo trutta* L. *Rep Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, 39, 55-88.

LAURENT P., 1965. Que deviennent les truitelles arc-en-ciel lâchées dans le Léman. *Pêchr. Chassr. Suisses*, 9, 367-370.

LE CREN E.D., 1961. How many fish survive ? *River Bds Ass.*, 57-64.

LEGER L., 1910. Principes de la méthode rationnelle du peuplement des cours d'eau à salmonidés. *Trav. lab. Piscic. Univ. Grenoble*, 1, 531-602.

LEGER L., 1937. Economie biologique générale des cours d'eau alpins. *Bull. fr. Piscic.*, 109, 5-13.

LESAGE DE LA HAYE M., 1967. Ruisseaux pépinières : rendement, conditions. *Gazette off. Pêche*, 288, 9-11.

LESEL R., THEREZIEN Y., VIBERT R., à paraître. Introduction de salmonidés aux îles Kerguelen.

LIBOSVARSKY J., 1967. The spawning run of brown trout, *Salmo trutta* m. fario L., and its analysis. *Zool. listy*, 16, 1, 73-86.

Mac NEIL W.J., 1966. Effect of the spawning bed on reproduction of pink and chum salmon. *Bull. Fish. Wildl. Serv. U.S. Dept.*, 65, 2, 495-523.

MILLER R.B., 1953. The regulation of trout fishing in Alberta. *Canad. Fish Cult.*, 14, 20-25.

NEEDHAM P.R., 1950. Artificial propagation of game fishes, looking forward. *Trans. N. Amer. Wildl. Conf.*, 15, 270-278.

MUNDIE J.H., 1970. Ecological implications of the diet of juvenile coho in streams. *Stud. J. Fish. Res. bd Can.*, 1319-1355, 2, 97-114.

ODONERA C.K., 1962. Carrying capacity in a trout stream. *Bull. Freshwat. Fish. Res. lab. Tokyo*, 12, 1, 1-42.

PEZON J., 1970. *Notice sur le repeuplement et l'aménagement des rivières à truites.* PEZON et MICHEL, Amboise, 33 p.

PHILLIPS R.W., CLAIRE E.W., 1966. Intragravel movement of the reticulate sculpin, *(Cottus perplexus)*, and its potential as a predator on salmonid embryos. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 95, 2, 210-211.

ROGERS A., 1966. Studies on the biology of the eel *(Anguilla anguilla* L.), with an appraisal of its feeding relations with salmon parr *(Salmo salar* L.) and trout *(Salmo trutta* L.). *Rep. Statem. Accta Salm. Res. trust, Ireland*, 41-65.

RUGGLES C.P., 1966. Depth and velocity as a factor in stream ; rearing and production of juvenile coho salmon. *Can. Fish Cult.*, 38, 37-53.

SAKOWICZ S., 1961. The predatory pressure on young generation of Wdzydze lake trout (*Salmo trutta* morpha *lacustris)* in the Trzebiocka stream. *Rocz. Nauk. Roln. Warsaw*, D, 93, 422-443.

SHEARER C.W.M., 1961. Survival rate of young salmonids in streams stocked with « green ova ».

SHETTER D.S., 1961. Survival of brook trout from egg to fingerling stage in two Michigan trout streams. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 90, 3, 252-258.

SHETTER D.S., 1968. Observations on movements of wild trout in two Michigan stream drainages. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 97, 4, 472-480.

SHETTER D.S., CLARK O.H., HAZZARD A.S., 1946. The effect of deflectors in a section of a Michigan trout stream. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 76, 248-278.

SHINA V.R.P., 1969. A note on the feeding of larger eels, *Anguilla anguilla* L. *J. Fish. Biol.*, 1, 3, 279-283.

STRASKABA M., CHIAR J., KRUSKA S., 1966. Contribution to the problem of food competition among the sculpin, minnow and brown trout. *J. Anim. Ecol.*, 35, 2, 303-311.

SZCZERBROWSKI J.A., 1963. Prédation du brochet envers la jeune truite *(Salmo trutta* morpha *lacustris* L.) dans le lac Wdzydze (rivière Trzebiocha) (en polonais). *Zesz. nauk. wyzsz. Szk. roln. Olsztyn,* 16, 280, 61-72.

TIMMERMANS J.A., 1966. Etude d'une population de truites *(Salmo trutta fario* L.) dans une petite rivière de l'Ardenne Belge. *Verh. int. Verein theor. angew. Limnol,* 16, 2, 1204-1211.

THIBAUT M., CUINART R., LESEL R., 1970. Ecological study of a trout stream in the Pyrénées : The Lissuraga. *UNESCO - IBP Symp. on Productivity problems of Freshwaters, Kazimierz Dolny,* 2, 435-451.

VIBERT R., 1949. Du repeuplement en truites et saumons par enfouissement de « boîtes d'alevinage », garnies d'œufs, dans les graviers. *Bull. fr. Piscic.,* 153, 125-150.

VIBERT R., 1956. Méthode pour l'étude et l'amélioration de la survie des alevins de repeuplement (Truites et Saumons). *Ann. Sta. cent. Hydrobiol. appl.,* 6, 347-439.

VIBERT R., 1957. Du rendement comparé des divers modes de repeuplements en truites et saumons. *Bull. cent. Etud. Rech. Biarritz,* 1, 3, 321-342.

VIBERT R., 1958. Critères et tests de rusticité chez les truites et les saumons. *Verh. Int. Verein. Theor. angew. Limnol.,* 13, 2, 758-764.

VIBERT R., 1962. Quelques conséquences du courant d'eau et des champs électriques sur le comportement des poissons. *Schweiz. Z. Hydrol.,* 24, 2, 436-443.

VIBERT R., LAGLER K.F., 1961. Pêches continentales, biologie et aménagement. 1 vol., 720 p., Dunod édit., Paris.

WEBSTER D.A., BENTLEY W.G., GALLIGAN J.P., 1959. Management of the lake trout fishery of Caynga lake, New-York, with special reference to the role of hatchery fish. *Mem. Cornell Univ. agric. Exp. Stn.,* 357, 83 p.