

Interaction entre le débit et les populations de tacons (*Salmo salar*) de la rivière Matamec, Québec

M. Frenette, M. Caron et P. Julien

Département de Génie civil, Université Laval, Ste-Foy (Qué.) G1K 7P4

et R. J. Gibson

Ministère des Pêches et des Océans, Case postale 5667, St-Jean, T.-N. A1C 5X1

Frenette, M., M. Caron, P. Julien et R. J. Gibson. 1984. Interaction entre le débit et les populations de tacons (*Salmo salar*) de la rivière Matamec, Québec. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 954-963.

Partant de l'hypothèse qu'en rivière, la population de jeunes saumons (*Salmo salar*), appelés tacons après la première année, est reliée directement aux caractéristiques physiques des habitats, variables selon le débit, une analyse par régression linéaire multiple a été effectuée entre les estimations de population de tacons de la rivière Matamec (Côte Nord du golfe Saint-Laurent) et les débits minima, moyens et maxima pour des périodes mensuelles et saisonnières. Les variables les plus significatives ont été obtenues pour le débit minimal d'avant crue (aux environ d'avril) et le débit moyen du mois d'août de l'avant dernière année (2 ans auparavant) et le débit moyen du mois de juillet de l'année précédente. Ces débits correspondent à des périodes biologiques critiques concernant la présence des jeunes saumons en rivière et furent utilisés dans le développement d'un modèle de prédiction. La calibration a porté sur des données couvrant la période 1971-77. Les prédictions obtenues sont significatives à 95 %, lorsque les trois paramètres indépendants sont utilisés conjointement et atteignent plus de 66 % lorsqu'un seul paramètre est considéré. Dans l'ensemble, il est montré que le débit est un facteur limitant de grande importance influençant directement la survie des saumons dans les cours d'eau.

Given the hypothesis that in a river, the population of young salmon (*Salmo salar*), called parr after the first year, is directly related to the discharge-variable physical characteristics of the habitats, a multiple linear regression analysis was carried out between the parr population estimates in the Matamec River (north shore of the Gulf of St. Lawrence) and the minimum, average, and maximum discharges for monthly and seasonal periods. The most significant variables were obtained for the minimum discharge before flooding (around April), the average August discharge of the year before last (2 yr before), and the average July discharge of the previous year. These discharges corresponded to critical biological periods for the young salmon present in the river and were used to develop a prediction model that was loaded with data covering the period 1971-77. The predictions obtained were 95% significant when the three independent parameters were used jointly and reached more than 66% when only one parameter was taken into account. Overall, it is shown that the discharge is an important limiting factor directly influencing salmon survival in streams.

Reçu le 2 mai 1983
Accepté le 9 mars 1984

Received May 2, 1983
Accepted March 9, 1984

Le potentiel biologique d'une rivière à saumon (*Salmo salar*) est limité par plusieurs facteurs d'ordre hydrologique, autant que biologique ou physique sans omettre les influences humaines tels la pêche, le déboisement, la pollution ou la construction de barrage.

Sur le plan purement biologique ou hydrobiologique il y a lieu de distinguer le cycle vital de l'espèce. Ce cycle débute par la période d'incubation dans les frayères survenant en période d'étiage hivernal, et le stade de l'alevin qui émerge des graviers plus ou moins avec l'arrivée de la crue du printemps. Puis vient le stade de tacon, d'une durée moyenne de trois ans, pendant laquelle le cours d'eau est soumis à toute une gamme de débits allant des étiages d'hiver et d'été aux crues de printemps et d'automne. Il y a enfin la migration des saumoneaux vers la mer qui survient, règle générale en période de crue. Au cours de cette période passée en rivière le saumon juvénile est aussi soumis à plusieurs facteurs influencés en grande partie par l'hydrologie du cours d'eau. Citons en exemple la température

de l'eau, l'abondance de nourriture, la compétition inter ou intra-spécifique, l'exondation des frayères et des habitats de nutrition en période d'étiage et la prédation par les oiseaux aquatiques, plus élevée en période de basses eaux.

Sur le plan physique et hydrodynamique il y a le cadre de vie caractérisé par la physique même des habitats et la dynamique du milieu. Ainsi des facteurs tel que vitesse d'écoulement, superficie d'eau libre, géométrie des habitats (fosses, frayères, etc.) sont directement influencés par le régime hydrologique des cours d'eau.

Or, malgré un milieu de vie aussi variable et complexe, il est reconnu que les espèces ont pu développer, au cours des années, des comportements qui leur permettent de s'adapter aux changements continus du milieu physique et dynamique dans lequel ils habitent. Cet énoncé présuppose donc qu'il doit exister des liens entre l'hydrologie et la population de saumon dans les cours d'eau.

Parmi les auteurs qui ont tenté d'établir ces liens hydro-

biologiques citons dans l'ordre chronologique: Wicket (1951, 1958), Smoker (1953), Havey et Davis (1970), Havey (1974), Becker et al. (1982) et Chadwick (1982). Tous ont démontré qu'il existait des rapprochements entre les antécédents hydrologiques et la population des saumons. Plusieurs des études s'adressent aux saumons adultes du Pacifique, mais sous plusieurs aspects, leurs comportements sont similaires à ceux des saumons de l'Atlantique. D'autres aux juvéniles en reliant de façon globale les populations à la précipitation ou au volume d'eau ruisselé annuellement, sans mettre en évidence les périodes les plus critiques pour la survie des salmonidés.

Les objectifs visés au cours de cette recherche sont donc : (1) approfondir le sujet, en mettant une emphase particulière sur les périodes hydrologiques les plus critiques de survie des saumons juvéniles et (2) développer un modèle de prédiction visant à estimer les populations de jeunes saumons dans un cours d'eau. Le réciproque de cette étude est que le modèle permet de déterminer l'influence des interventions humaines telle une modification de débit sur le potentiel biologique d'un cours d'eau et de définir le débit requis pour assurer ou augmenter le potentiel d'un cours d'eau.

Matériel et méthodes

Il est intéressant de constater, au niveau des principes que la majorité des facteurs susceptibles d'affecter la productivité biologique d'un cours d'eau sont contrôlés par un dénominateur commun, soit le débit liquide.

La méthodologie utilisée au cours de cette recherche a donc consisté à étudier, d'une part l'évolution des paramètres géométriques des cours d'eau en fonction du débit, selon les principes de régime d'équilibre, et d'autre part, à tenter de définir la gamme de débits les plus significatifs susceptibles d'affecter les populations de jeunes saumons dans les cours d'eau. À cet effet une analyse par régression linéaire entre les populations de tacons et les débits minima, moyen et maxima pour les périodes journalières, hebdomadaires, mensuelles et saisonnières a été réalisée à partir des données s'échelonnant de 1971 à 1977. Puis il y a eu intégration des résultats, consistant à trouver les explications hydrobiologiques justifiant les résultats les plus significatifs de la régression.

Description du site d'études

Afin d'éviter toute influence extérieure et de s'en tenir à un milieu naturel strictement sain (sans influence humaine), les études ont été effectuées sur la rivière Matamec, Québec, un tributaire du Saint-Laurent, dont le bassin constitue une réserve écologique. La rivière Matamec (fig. 1) est située approximativement à la rencontre des coordonnées 50°18'N et 65°57'O et draine une superficie de 684 km sur la Côte Nord du golfe Saint-Laurent.

Ce bassin d'origine précambrienne est couvert presque entièrement d'une forêt boréale composée essentiellement de conifères. Le tronçon inférieur de la rivière draine le lac Matamec d'une superficie de 16,2 km² et franchit une distance de 9,6 km avant de se jeter dans le golfe. La présence de cinq chutes le long de son parcours lui confère un profil longitudinal en escalier. L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) sont les deux principales espèces du cours d'eau.

Caractéristiques hydrologiques et hydrauliques

La reconstitution des débits journaliers de la rivière Matamec

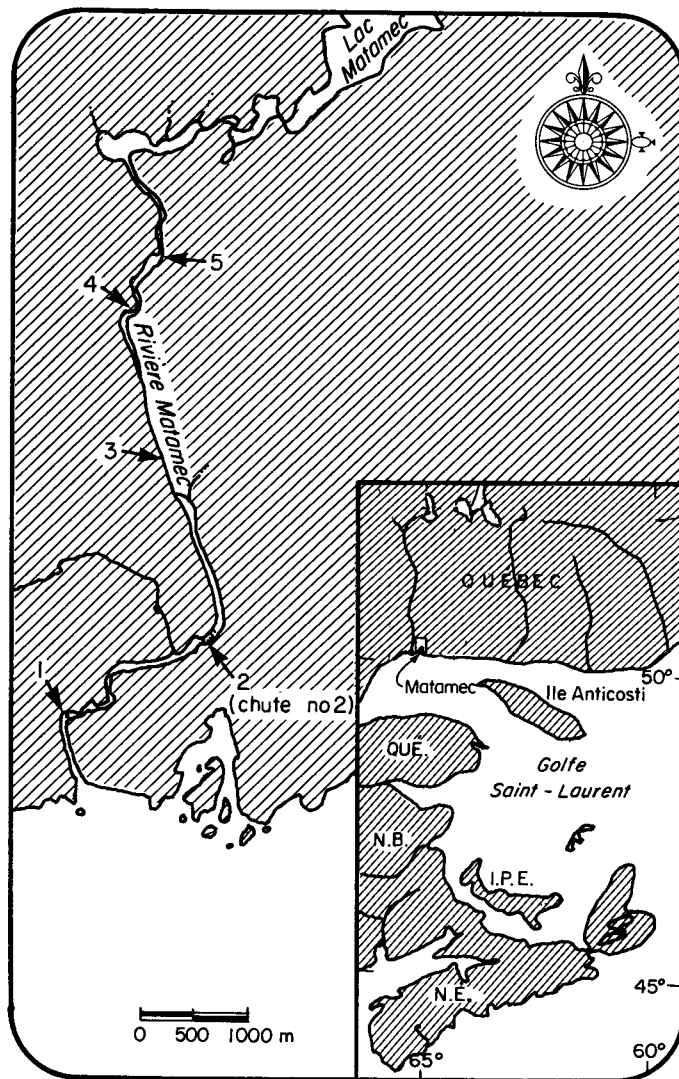


FIG. 1. Plan de localisation de la rivière Matamec.

pour la période comprise entre 1957 et 1978 et les caractéristiques hydrauliques correspondantes sont actuellement connues (Frenette et Julien 1981). Le tableau 1 ci-après fournit un sommaire des divers débits annuels et saisonniers en fonction de différentes périodes de récurrences et de durées. La courbe de débits classés exprimant le décroissant du débit en fonction de la fréquence de dépassement apparaît à la fig. 2, tandis que la fig. 3 fournit l'hydrogramme moyen journalier et les extrêmes mensuels.

Le débit moyen interannuel à la sortie du lac Matamec est de l'ordre de 13,5 m³/s, alors que les moyennes mensuelles varient de quelques mètres cubes (en moyenne 1 à 4) à la fin de l'hiver à plus de 60 m³/s, parfois, au printemps.

Selon la théorie de Léopold et Maddock (1953) la variation moyenne, à une section donnée, des caractéristiques hydrauliques d'un cours d'eau, pouvant s'ajuster librement, se définit comme suit :

- (1) Largeur moyenne : $b = \alpha Q^{1/10}$
- (2) Profondeur moyenne : $h = \beta Q^{2/5}$
- (3) Section moyenne : $A = bh = \alpha\beta Q^{1/2}$
- (4) Vitesse moyenne : $v = Q/A = (1/\alpha\beta)Q^{1/2}$

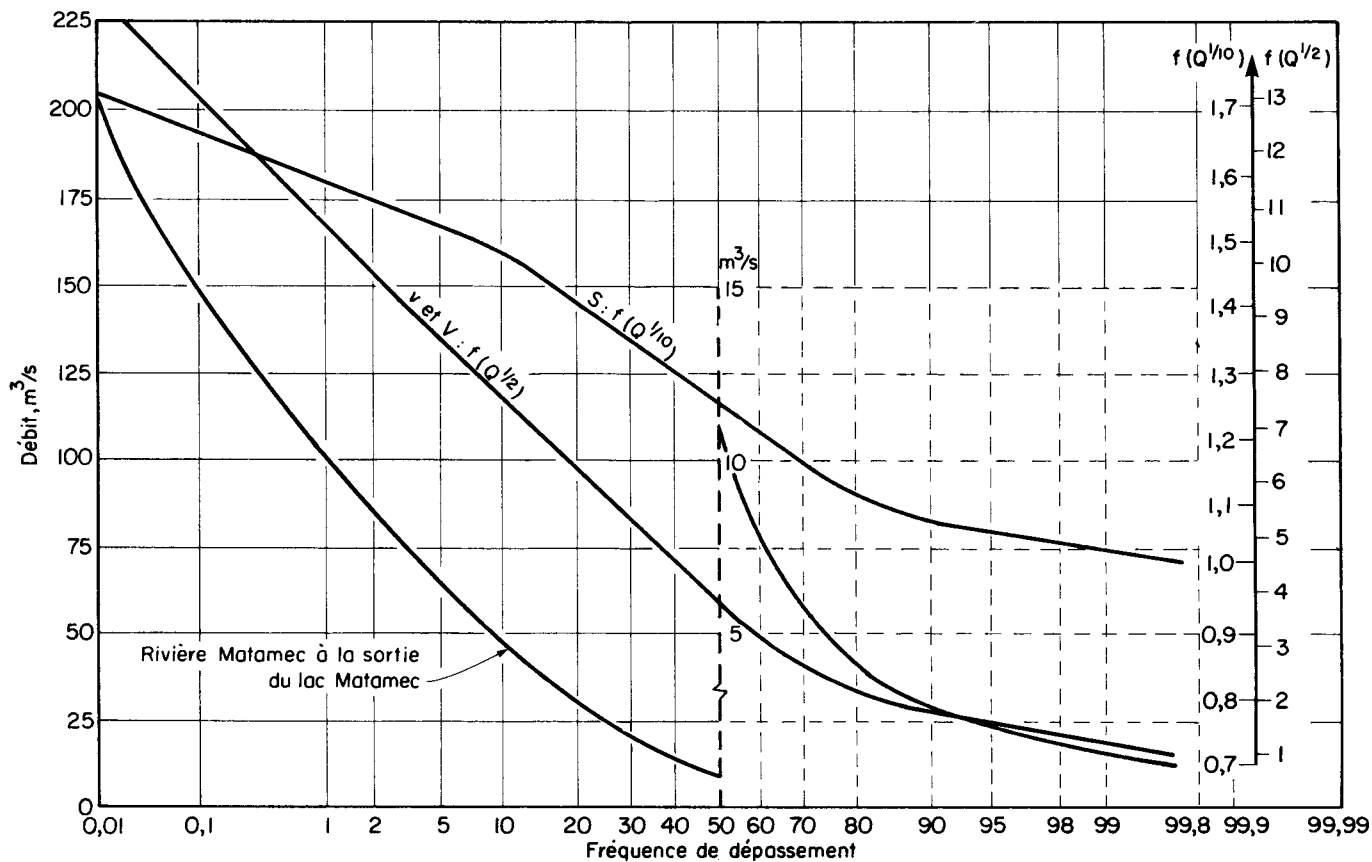


FIG. 2. Courbes des débits journaliers classés de la rivière Matamec et variation de la superficie d'eau libre (S), du volume d'eau écoulé (V) et de la vitesse d'écoulement (v) en fonction du temps de récurrence.

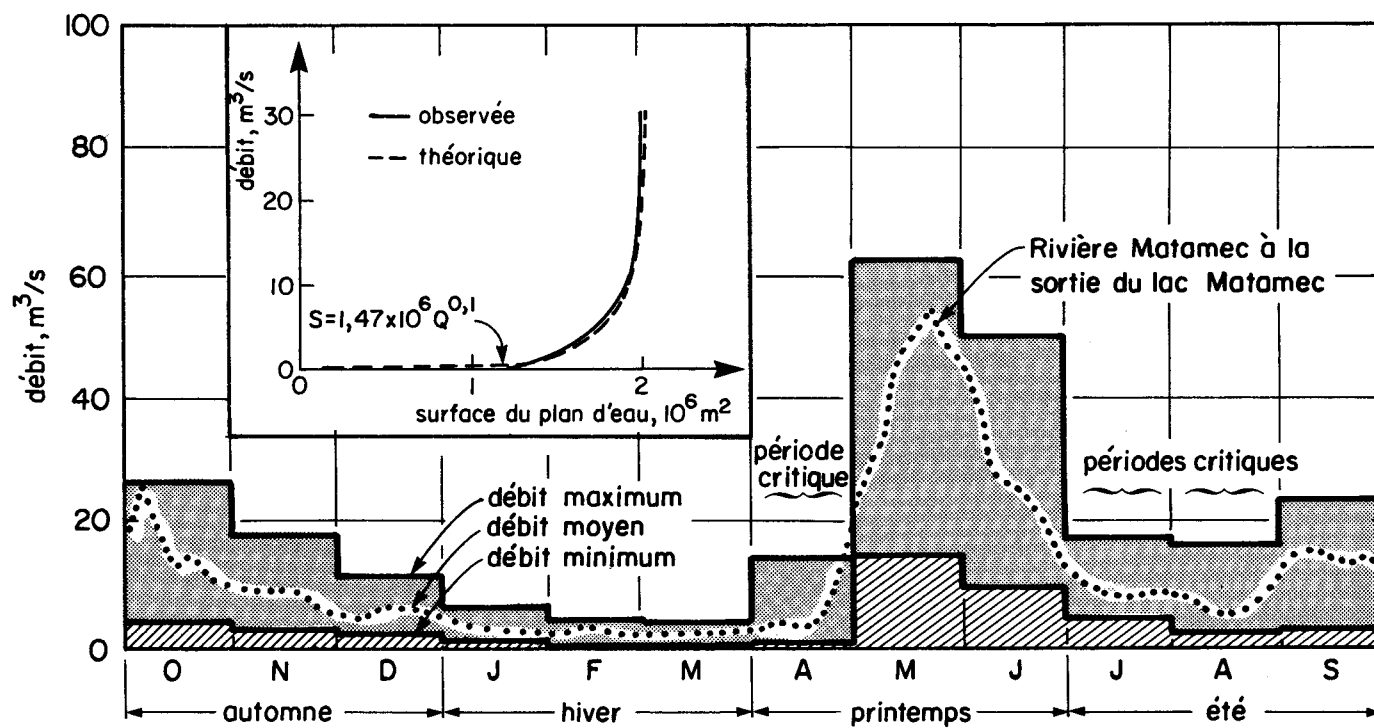


FIG. 3. Hydrogrammes de la rivière Matamec et variation de la surface du plan d'eau en fonction du débit.

TABLEAU 1. Sommaire des statistiques de débit (m^3/s) à la sortie du lac Matamec (station 072502).

| | Nombre de jours consécutifs | Minima | | | Moyen | Maxima | | |
|--|-----------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | 20 ans | 10 ans | Moyen | | Moyen | 10 ans | 20 ans |
| Annuel | 1 | 0,79 | 0,85 | 1,13 | 13,5 | 70,8 | 84,9 | 113,2 |
| | 15 | 0,85 | 0,99 | 1,27 | | 52,4 | 65,1 | 70,8 |
| | 30 | 0,91 | 1,06 | 1,39 | | 40,0 | 50,0 | 57,5 |
| | 60 | 0,99 | 1,13 | 1,56 | | 34,0 | 41,0 | 43,9 |
| Hiver (1 janvier au 31 mars) | 1 | 0,82 | 0,85 | 1,27 | 2,4 | 5,1 | 12,7 | 17,6 |
| | 15 | 0,85 | 0,99 | 1,56 | | 4,0 | 9,1 | 12,5 |
| | 30 | 0,90 | 1,10 | 1,68 | | 3,7 | 6,1 | 9,7 |
| | 60 | 1,13 | 1,27 | 1,84 | | 3,4 | 5,4 | 6,8 |
| Printemps (période de fonte) | 1 | 0,99 | 1,13 | 1,34 | 25,5 | 69,4 | 84,9 | 116,1 |
| | 15 | 1,13 | 1,27 | 2,26 | | 56,6 | 70,8 | 77,9 |
| | 60 | 15,8 | 18,1 | 22,65 | | 36,8 | 42,5 | 45,3 |
| Été (1 juillet au 13 septembre) | 1 | 1,56 | 1,84 | 3,11 | 12,5 | 36,0 | 65,1 | 79,3 |
| | 15 | 1,84 | 2,12 | 3,96 | | 25,5 | 35,4 | 39,6 |
| | 30 | 2,45 | 2,65 | 5,05 | | 19,5 | 27,0 | 30,5 |
| | 60 | 4,25 | 4,25 | 7,64 | | 14,1 | 20,4 | 22,6 |
| Automne (1 octobre au 31 décembre) | 1 | 1,98 | 2,12 | 3,11 | 11,3 | 36,8 | 73,6 | 93,4 |
| | 15 | 2,12 | 2,41 | 3,96 | | 24,1 | 39,4 | 48,1 |
| | 30 | 2,30 | 2,75 | 5,05 | | 16,0 | 30,5 | 36,5 |
| | 60 | 3,82 | 4,39 | 8,21 | | 14,2 | 21,2 | 25,5 |

où α et β sont des coefficients numériques spécifiques à chaque cours d'eau.

Par extension, la surface au miroir ou superficie d'eau libre et le volume d'eau d'un tronçon donné de rivière "L" sont définis par :

$$(5) \text{ Surface au miroir : } S = bL = \alpha' Q^{1/10}$$

$$(6) \text{ Volume d'eau : } V = Sh = \alpha'\beta Q^{1/2}$$

avec $\alpha' = \alpha L$.

Eu égard aux saumons, les relations les plus importantes sont celles se rattachant à la surface d'eau libre, au volume d'eau et aux vitesses moyennes d'écoulement, soient les équations 4, 5 et 6. On obtient :

$$(7) \text{ } v \text{ et } V : f_1(Q^{1/2})$$

$$(8) \text{ } S : f_2(Q^{1/10}).$$

La variation de ces paramètres en fonction des probabilités de débit apparaît sur la courbe des débits classés (fig. 2). On constate ainsi que dans les deux premiers cas (vitesse et volume d'écoulement) que la décroissance est graduelle et continue en fonction du débit. La surface d'eau libre, par contre, présente une courbe à deux paliers avec deux points d'inflexion majeurs correspondant au débit $Q_{10\%}$ ($Q \approx 30 m^3/s$) et $Q_{85\%}$ ($Q \approx 3 m^3/s$).

Cette dernière constatation prend toute son importance si l'on se réfère aux travaux d'Allen (1969) et d'Elson (1975) qui définissent la relation entre les populations des salmonidés et les superficies d'eau libre d'un cours d'eau; d'où l'interaction qui doit exister entre le débit et la population de saumons adultes ou juvéniles dans les cours d'eau.

Dans le cas de la rivière Matamec, la variation de la superficie d'eau libre, pour l'ensemble des tronçons fluviaux (rapides exclus) entre l'estuaire et le lac Matamec, observée en fonction du débit inférieure à $30 m^3/s$, est présentée à la fig. 3. La relation correspondante est :

$$(9) \text{ } S = 1,47 \times 10^6 Q^{0,10}.$$

Un excellent ajustement est ainsi constaté entre les caractéristiques physiques du plan d'eau et l'équation de Léopold et Maddock indiquant par là une diminution rapide de la surface au miroir en période d'étiage, notamment si le débit devient inférieur à 8 ou $10 m^3/s$. Ce débit correspondant à une valeur légèrement inférieure à la moyenne interannuelle estimée à $13,5 m^3/s$ et au débit moyen d'été évalué à $12,5 m^3/s$ (voir tableau 1).

Corrélation des débits avec la population de saumons juvéniles

Plusieurs chercheurs ont réalisé des études biologiques sur la population de saumons de la rivière Matamec. Ces études étaient principalement orientées, d'une part, vers une compréhension des relations existant entre les saumons juvéniles, les ombles de fontaine et leurs habitats et, d'autre part, vers l'évaluation de la productivité d'une rivière à saumon dans la région boréale du Canada (Gibson 1973, 1978a). Dans cette perspective, la population de tacons de saumons au pied de la deuxième chute a été estimée à partir de 1971 par Gibson (1975, 1977) en utilisant la méthode modifiée de marquage et de recapture de Schnabel (Ricker 1975). En raison de sa représentativité pour la rivière Matamec, le site au pied de la deuxième chute a été soumis à un échantillonnage plus intensif que les autres sites sur la même rivière. Les populations de tacons âgés d'un ou deux ans (notés 1+ ou 2+) sont montrées au tableau 2. Il peut être observé, à l'exception de l'année 1977, que la population de tacons 2+ y est toujours supérieure à celle de tacons 1+, et pour cette raison les populations sont analysées séparément dans notre travail.

Les populations de tacons ont été corrélées d'abord avec les débits moyens à la sortie du lac Matamec (km 9,6) sur une base annuelle, saisonnière et mensuelle et ensuite avec les débits minima saisonniers couvrant une période de 1, 7, 15, 30 et 60 jours consécutifs. De plus, pour que les débits coïncident avec

TABLEAU 2. Estimations de population de tacons au pied de la deuxième chute de la rivière Matamec. Données estimées par la méthode marquage-recapture de Schnabel. Les intervalles de confiance à 95 % sont indiqués entre parenthèses.

| Année | Tacons 1+ (tacons/ha) | Tacons 2+ (tacons/ha) |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1971 | 200 (140-320) | 590 (510-700) |
| 1972 ^a | 690 | 1 330 |
| 1973 | 510 (300-1 660) | 1 750 (1 420-2 290) |
| 1974 | 260 (200-360) | 450 (350-630) |
| 1975 ^a | 100 | 190 |
| 1976 | 140 (110-200) | 230 (220-260) |
| 1977 | 690 (510-920) | 430 (320-600) |
| 1978 | 250 (170-390) | 840 (570-1 290) |

^aCes estimations de population de tacons 1+ et 2+ ont été déterminées à partir de la population totale et de la répartition moyenne en chacune des classes d'âge.

les diverses étapes de croissance antérieure, les populations de tacons ont été corrélées aux débits écoulés 0, 1 et 2 années auparavant.

Les analyses effectuées se divisent en trois parties. D'abord, la régression a été effectuée entre la population totale de tacons et chacun des débits mentionnés. Par la suite les populations de tacons 1+ et de tacons 2+ ont été corrélées séparément avec les débits montrant les coefficients de corrélation les plus élevés avec la population totale.

Afin de relier la population totale de tacons aux différents débits précités, un très grand nombre d'équations de régression linéaire de la forme suivante ont été ajustées par la méthode des moindres carrés :

$$(10) \hat{y} = a + bx$$

où \hat{y} = variable dépendante (population de tacons), x = variable indépendante (débit) et a et b = paramètres d'ajustement.

Plusieurs de ces équations n'ont pu être retenues à cause de la faible valeur du coefficient de corrélation; par contre, certaines équations ont permis d'obtenir un niveau de corrélation relativement élevé. Dans le but de sélectionner les équations à une seule variable explicative les plus valables, un test sur le coefficient de

détermination a permis de vérifier si la variance expliquée diffère significativement de la variance résiduelle (A. Brown, Presses de l'Université Laval, Québec, comm. pers.).

Dans le cas étudié, l'équation de régression linéaire à une seule variable obtenue pour un échantillon de sept paires de valeurs est jugée significative lorsque le coefficient de détermination $R^2 \geq 0,57$.

Résultats

Population totale de tacons

Parmi les nombreux ajustements obtenus, deux équations ont révélé que le coefficient de détermination était supérieur à la valeur critique requise par le test. La première relie la population totale de tacons au débit minimum durant une période de 30 jours consécutifs qui a précédé la crue du printemps deux années auparavant (mentionnons que ce débit correspond globalement au débit moyen du mois d'avril). La seconde relie la population totale de tacons au débit moyen d'août, écoulé deux années auparavant. Les données de base sont présentées au tableau 3 et les équations obtenues sont les suivantes :

$$(11) \hat{P}_t = 119,5 + 208,4Q_1 \quad (R^2 = 0,66)$$

$$(12) \hat{P}_t = -1176 + 361,0Q_2 \quad (R^2 = 0,69)$$

où \hat{P}_t = population totale de tacons, Q_1 = débit minimum, avant la crue printanière, durant une période de 30 jours consécutifs, survenu deux ans auparavant et Q_2 = débit moyen du mois d'août deux ans auparavant.

Les courbes correspondantes sont présentées respectivement aux fig. 4A et 4B, les intervalles de confiance ayant été déterminés à partir de la loi de distribution de Student-Fisher (Spiegel 1980).

L'équation de régression multiple à deux variables explicatives a également été obtenue pour la population totale de tacons (fig. 4) :

$$(13) \hat{P}_t = -966 + 124,0Q_1 + 23 594Q_2 \quad (R^2 = 0,85).$$

TABLEAU 3. Données de population de tacons et de débits mensuels ayant montré les meilleures corrélations. Les débits observés sont indiqués entre parenthèses.

| Année | Q min. avant-crue 30 jours consécutifs | Q moyen juillet (m ³ /s) | Q moyen août (m ³ /s) | Population de tacons observée | | |
|-------|---|---|--|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| | | | | Tacons 1+ (nb/ha) | Tacons 2+ (nb/ha) | Totale (nb/ha) |
| 1969 | 3,00 | 10,67 | 6,85 | | | |
| 1970 | 4,53 | 10,56 | 8,49 | | | |
| 1971 | 11,01 | 4,78 | 8,61 | 200 | 590 | 790 |
| 1972 | 4,33 | 9,03 | 3,96 | 687 | 1 333 | 2 020 |
| 1973 | 3,06 | 12,83 | 5,63 | 510 | 1 750 | 2 260 |
| 1974 | 1,84 | 10,76 (9,77) | 4,95 (3,99) | 260 | 450 | 710 |
| 1975 | 4,42 | 14,04 (14,10) | 5,27 (7,67) | 100 | 190 | 290 |
| 1976 | 10,14 | 4,36 | 9,82 | 140 | 230 | 370 |
| 1977 | 2,89 | 8,01 | 9,57 | 690 | 430 | 1 120 |
| 1978 | 1,72 | 12,5 | 3,55 | 250 | 840 | 1 090 |

pliquée
Brown,
à une
aires de
étermi-

ons ont
ur à la
lie une
rue du
e débit
il). La
moyen
e base
ont les

imum,
jours
moyen

ement
nt été
Fisher

plica-
tacons

5).

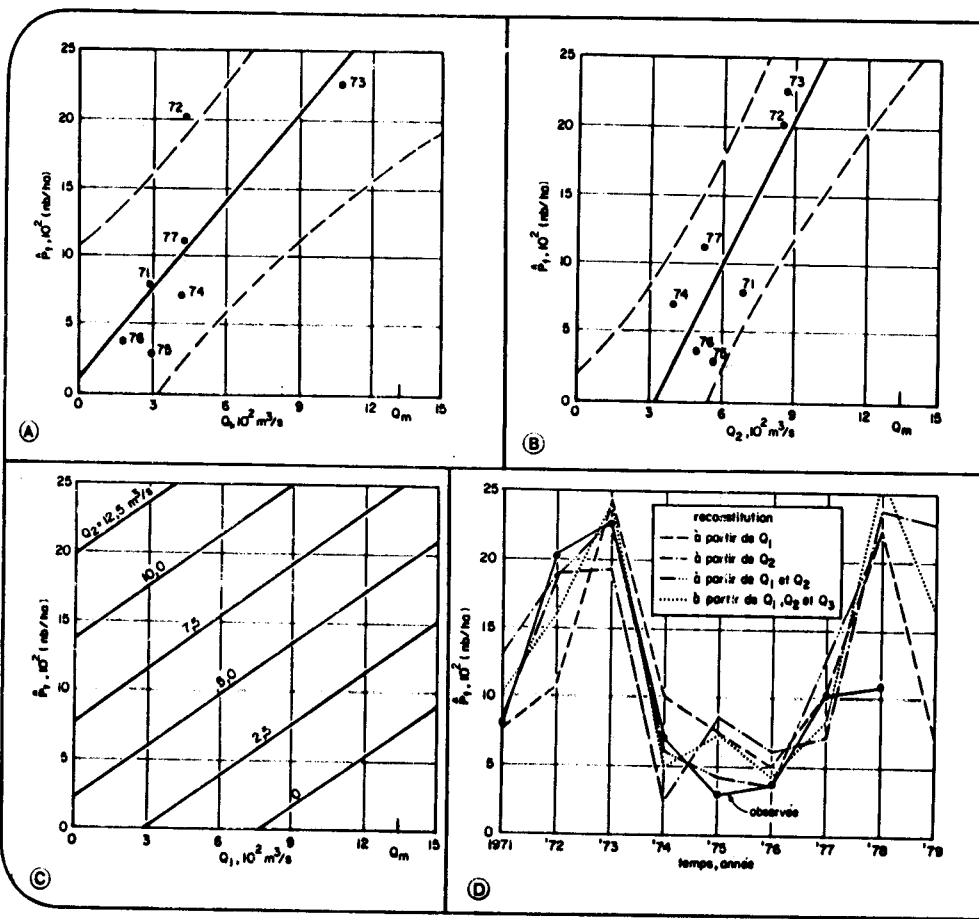


FIG. 4. Population totale de tacons vs (A) Q_1 , (B) Q_2 , (C) Q_1 et Q_2 et (D) débits observés et reconstitués pour la période 1971-79.

Le coefficient de corrélation de cette équation représentée à la fig. 4C est de 0,91. Afin de vérifier si cette équation est plus significative que les équations à une seule variable, le coefficient de corrélation a été corrigé en fonction du nombre de degrés de liberté (Draper et Smith 1966). Cette analyse a permis de démontrer que l'addition d'une seconde variable améliore significativement le coefficient de corrélation.

Population de tacons 2+ et 1+

Afin de compléter l'analyse de ces résultats, les débits ayant montré les meilleures corrélation ($R > 0,6$) avec la population totale ont été utilisés comme données de base pour analyser distinctement les populations de tacons 1+ et de tacons 2+.

Pour la population de tacons 2+ (\hat{P}_2), les meilleures équations de régression obtenues sont les suivantes :

- (14) $\hat{P}_2 = -64,6 - 168,5Q_1$ ($R^2 = 0,72$) (fig. 5A)
- (15) $\hat{P}_2 = -1109 + 291,0Q_2$ ($R^2 = 0,76$) (fig. 5B)
- (16) $\hat{P}_2 = -940 + 190,4Q_1 + 100,3Q_2$ ($R^2 = 0,92$) (fig. 5C)

où \hat{P}_2 = population de tacons 2+ et Q_1, Q_2 = définis précédemment.

Là encore, l'analyse du coefficient de corrélation corrigé montre que la corrélation linéaire multiple apporte une amélioration réelle au coefficient de corrélation.

En ce qui concerne la population de tacons 1+ (\hat{P}_1), les

équations équivalentes obtenues sont les suivantes :

- (17) $\hat{P}_1 = 12,8 + 63,6Q_3$ ($R^2 = 0,77$) (fig. 6A)
- (18) $\hat{P}_1 = 954,3 - 63,6Q_4$ ($R^2 = 0,81$) (fig. 6B)
- (19) $\hat{P}_1 = 572,7 + 28,3Q_3 - 38,9Q_4$ ($R^2 = 0,85$) (fig. 6C)

où \hat{P}_1 = population de tacons 1+, Q_3 = débit minimum printanier durant une période de 30 jours survenue un an auparavant et Q_4 = débit moyen de juillet, un an auparavant.

Contrairement au cas précédent, l'augmentation du coefficient de corrélation, en introduisant une seconde variable explicative, n'est pas améliorée pour les tacons 1+.

Prédiction des populations de tacons dans la rivière Matamec

À partir des équations de régression obtenues, il a été possible de prédire distinctement la population de tacons 1+ et 2+ pour la période 1971-79 tel que montré aux fig. 4D, 5D et 6D. En ce qui concerne la population totale de tacons, une équation de régression multiple à trois variables explicatives a été établie :

$$(20) \hat{P}_t = -1017 + 154,0Q_1 + 143,4Q_2 + 87,6Q_3 \quad (R^2 = 0,96).$$

De façon à avoir une vision plus globale des prédictions, la population totale de tacons a été estimée en considérant deux approches différentes : (1) en supposant des débits régularisés

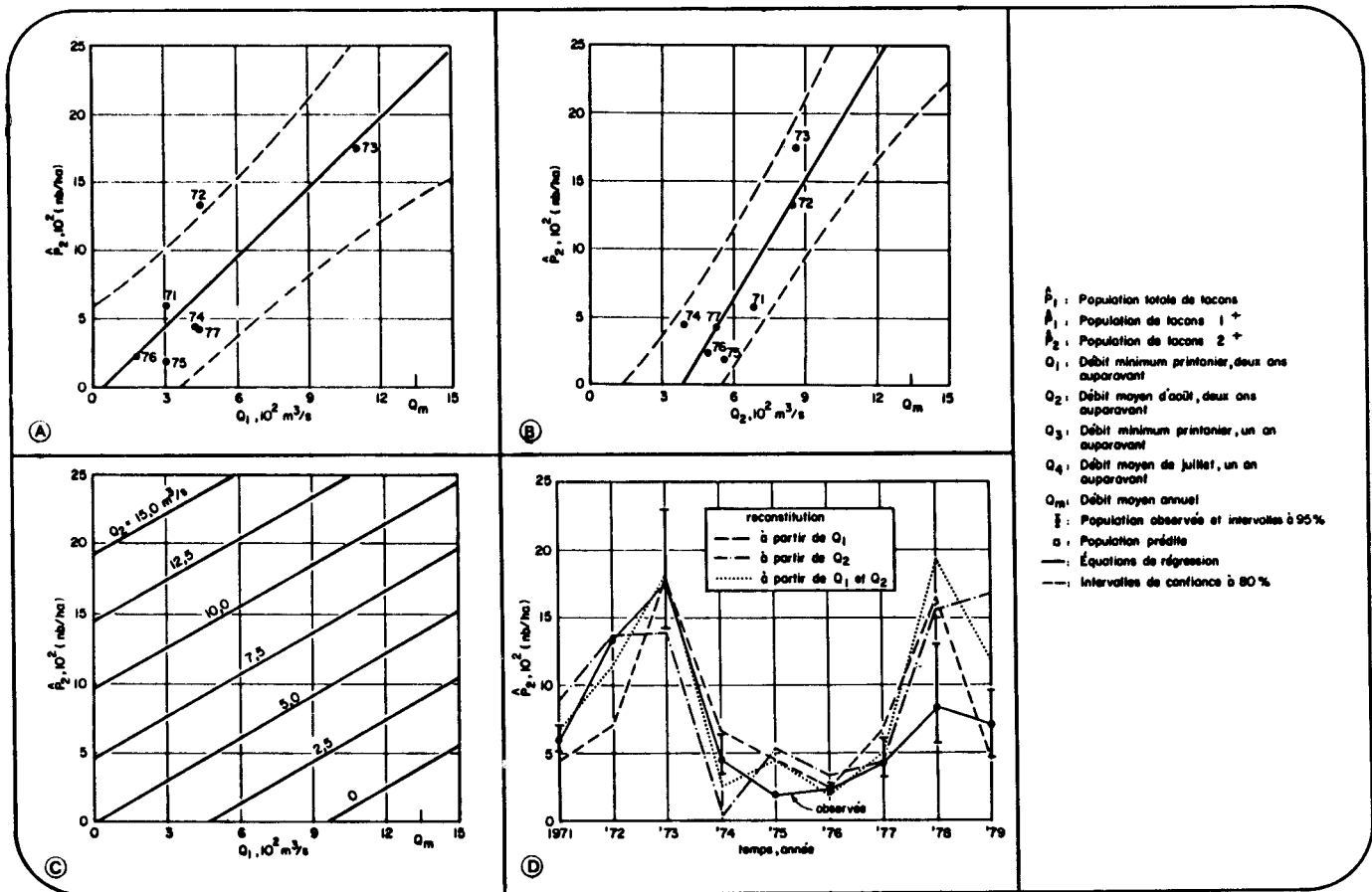


FIG. 5. Population de tacons 2+ vs (A) Q_1 , (B) Q_1 et Q_2 , (C) Q_1 et Q_2 et (D) débits observés et reconstitués pour la période 1971–79.

durant les périodes critiques, ajustés aux valeurs minimales suivantes : 5, 10 et 13,5 m^3/s respectivement, la dernière valeur correspondant à la moyenne interannuelle; (2) en reconstituant les populations depuis 1957 selon les débits naturels observés chaque année durant les périodes critiques. Les résultats comparés aux observations de 1971 à 1977 sont reportés à la fig. 7.

Discussion

En liant l'habitat des tacons au plan d'eau d'une rivière, il est mis en évidence dans un premier temps qu'il existe une étroite relation (éq. 5) entre le débit liquide et la surface au miroir d'un cours d'eau, notamment en période d'étiage, relation qui fournit une première explication des résultats.

Cette étude met aussi en évidence les relations existant entre les populations de jeunes saumons (tacons) et les caractéristiques hydrologiques d'une rivière. Les résultats traduisent assez clairement que les débits affectent de façon importante la productivité d'une rivière. En effet, l'analyse par régression linéaire indique que la population juvénile dans la rivière Matamec pour la période de 1971 à 1978, est principalement corrélée aux débits minima précédant la crue printanière et aux valeurs moyennes de débit en juillet et en août. Il est intéressant de noter que le débit minimum d'avant crue correspond à toute fin pratique au débit moyen du mois d'avril.

Plus particulièrement, cette étude démontre que la population

totale de tacons est reliée significativement au débit minimum printanier et au débit moyen du mois d'août, écoulés deux années auparavant. La population de tacons 2+ est également corrélée significativement à ces deux mêmes débits caractéristiques tandis que la population de tacons 1+ est reliée aux débits minimum printanier et moyen de juillet écoulés l'année précédente. À la lumière de ces résultats, la survie des jeunes saumons dans une rivière serait fortement influencée par les conditions hydrologiques et hydrauliques du cours d'eau à la période d'éclosion des œufs et d'alevinage ainsi que durant la période de croissance estivale (juillet et août), lorsque les niveaux d'eau deviennent faibles.

En conséquence, les débits en période de pré-émergence des alevins de même que les débits des mois de juillet et août apparaissent les plus critiques pour la survie des alevins et des tacons. Notons que Becker et al. (1982) ont trouvé pour le saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) que la tolérance d'exondation décroît à partir de l'état embryonnaire et que les alevins pré-émergés sont les moins tolérants à supporter l'exondation.

Par ailleurs sachant que l'abondance de la nourriture est directement reliée aux superficies d'eau libre donc aux débits d'écoulement il semble bien évident que l'insuffisance de nourriture associée aux caractéristiques d'étiage des mois de juillet et d'août entraînent une plus grande vulnérabilité des alevins et des tacons qui doivent faire face aux prédateurs, au surpeuplement et à la compétition pour des habitats propices.

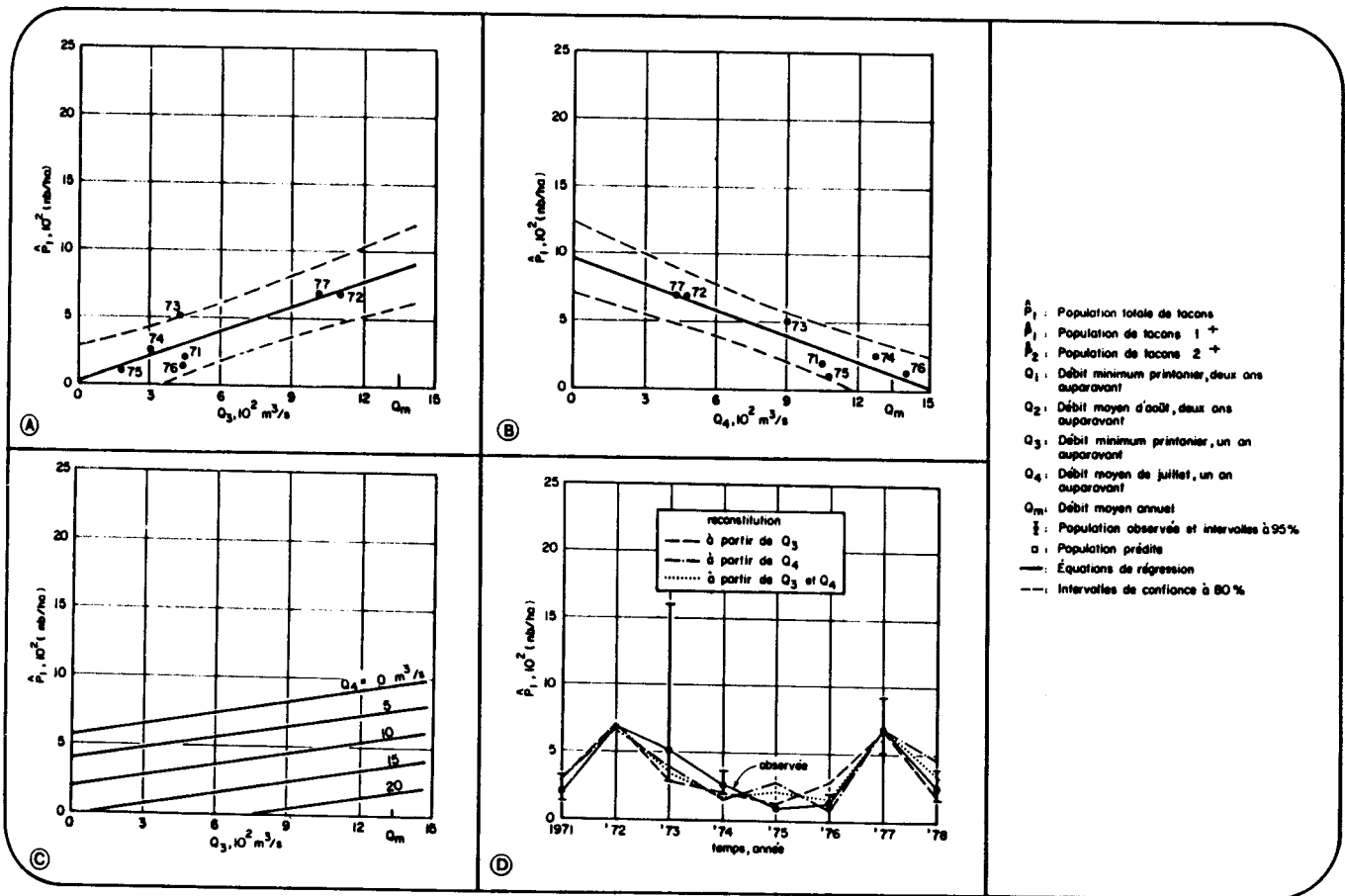


Fig. 6. Population de tacons 1+ vs (A) Q_3 , (B) Q_4 , (C) Q_3 et Q_4 et (D) débits observés et reconstitués pour la période 1971–78.

Les corrélations effectuées entre les populations de tacons et les débits d'étiage hivernal (débits les plus faibles de l'année) se sont avérées aucunement significatives. Une explication possible est qu'au cours de cette période, les jeunes saumons se nourrissent très peu et se cachent dans le gravier ou au fond des fosses profondes dans un état plus ou moins léthargique (Allen 1940; Gibson 1978b). Ces remarques ne s'appliquent pas nécessairement aux œufs en état d'incubation dans les frayères, lesquels risquent d'être partiellement exondées en hiver en période d'étiage extrême, mais tel que démontré par Becker et al. (1982) le pourcentage de survie des œufs embryonnaires est tout près de 100 % à la fin de l'hiver même s'il y a exondation de courte durée.

Les faibles corrélations obtenues pour les autres périodes de l'année, en dehors des mois critiques (exemples : en mai, en juin ou à l'automne) révèlent une suffisance au niveau des habitats par rapport aux populations en présence.

Cette analyse des populations basée sur les données hydrauliques a permis de développer un premier outil de prédiction sur les périodes critiques de survie des jeunes saumons dans un cours d'eau.

À partir des résultats de simulation sur modèle, il est intéressant de noter l'influence qu'aurait eu une régularisation des eaux à la sortie du lac Matamec sur les populations potentielles de la rivière (voir fig. 7). La simulation depuis 1957 montre par exemple une diminution naturelle de la population moyenne de tacons. Ainsi, il est probable qu'une diminution

d'au-delà de 50 % de tacons dans la rivière en 20 ans soit attribuable aux conditions naturelles de débit durant les périodes critiques. Bien sûr, la confirmation d'un tel résultat nécessiterait plusieurs autres années d'observation, néanmoins la tendance actuelle demeure révélatrice. Il est à noter ici, que l'ensemble du régime hydrologique n'a probablement pas subi de modifications au cours de cette période, bien que d'apparence contraire d'après la courbe de la fig. 6. Il faut en effet se rappeler que le modèle est basé sur des débits spécifiques propres à des périodes mensuelles bien déterminées agissant comme facteur limitant sur le potentiel biologique et non sur l'ensemble des événements hydrologiques.

Le corollaire de cette recherche est assez évident : pour augmenter le potentiel biologique d'un cours d'eau, il faut maintenir les superficies d'eau libre en période critique soit par une régularisation des eaux au moyen de lacs artificiels, ou barrages régulateurs, soit en créant des plans d'eau avec des seuils à l'intérieur même des cours d'eau. La première solution nous apparaît la meilleure car elle n'entraîne pas de diminution du champ de vitesses ce qu'entraîne la deuxième solution. À l'inverse, sachant que le déboisement a pour effet d'accentuer les débits extrêmes de crue et d'étiage, il y a donc lieu d'entrevoir une réduction des populations de tacons dans les cours d'eau suite à un déboisement intensif, strictement en regard des caractéristiques d'écoulement.

En bref, la présente recherche met bien en évidence qu'une grande majorité des facteurs susceptibles d'influencer la pro-

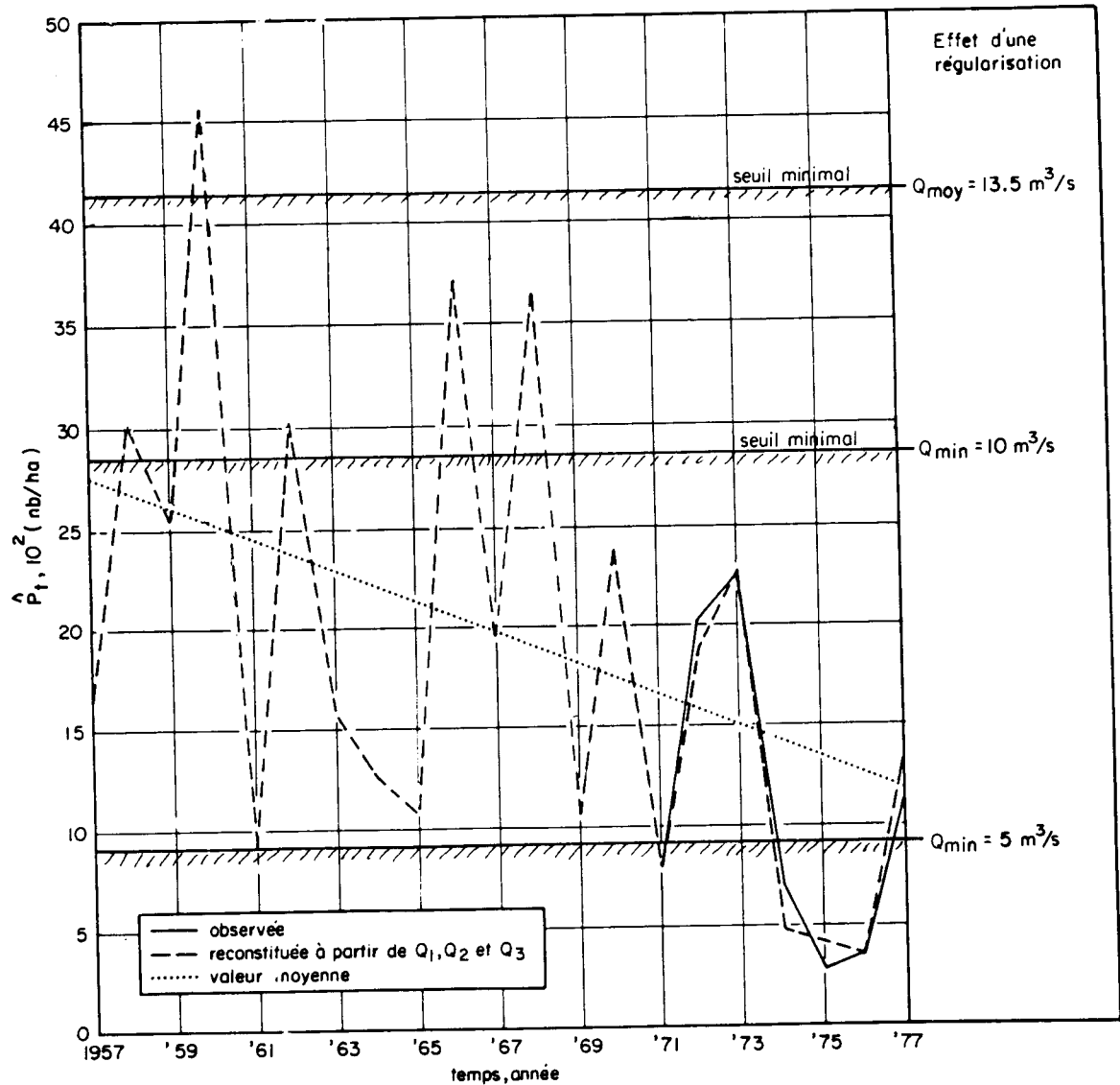


FIG. 7. Population totale de tacons observée et reconstituée à partir de Q_1 , Q_2 et Q_3 pour la période 1957-77.

ductivité d'une rivière à saumon sont associés à un dénominateur commun, soit le débit d'écoulement, et que l'équilibre hydro-biologique qui en dépend peut dès lors être influencé dans un sens ou dans l'autre selon les modifications apportées à ce débit.

Il est cependant à noter que les résultats de cette étude proviennent uniquement d'analyse de données de la rivière Matamec. Toutefois, étant donné que les débits significatifs correspondent aux régimes d'équilibre définies par Léopold et Maddock et à des périodes critiques dans le cycle de vie des salmonidés, et que les caractéristiques hydrologiques (hydrogramme, débit classé) sont bien représentatives des rivières à saumon, il nous apparaît évident que des relations similaires existent sur d'autres cours d'eau. Dans ce sens, cette recherche constitue un développement significatif en vue de définir les périodes critiques de survie de l'espèce voire même en vue d'en améliorer les populations.

Remerciements

Nous désirons exprimer nos remerciements à l'Institut Océanographique Woods Hole pour leur contribution financière et pour l'hospitalité reçue à la station de recherche de Matamec, de même

qu'aux ministères de l'Environnement Québec et du Loisir, Chasse et Pêche pour l'étroite collaboration entretenue depuis plusieurs années. Plus particulièrement, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à M. Yvon Côté, biologiste, pour ses remarques et conseils pratiques concernant le présent article.

Références

- ALLEN, K. R. 1940. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). J. Anim. Ecol. 9: 1-23.
1969. Limitations on production in salmonid populations in streams, p. 3-18. Dans T. G. Northcote [éd.] Symposium on Salmon and Trout in Streams. H. R. MacMillan Lectures in Fisheries, Univ. British Columbia, Vancouver, B.C.
- BECKER ET AL. 1982. Effects of dewatering on chinook salmon reeds: tolerance of four development phases to daily dewaterings. Trans. Am. Fish. Soc. 111: 624-637.
- CHADWICK. 1982. Stock-recruiting relationship for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1496-1501.
- DRAPER, N. R., ET H. SMITH. 1966. Applied regression analysis. John Wiley & Sons, New York, NY. 107 p.
- ELSON, P. F. 1975. Atlantic salmon rivers, smolt production and optimum spawning: an overview of natural production. Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 6: 96-119.

- FRENETTE, M., ET P. JULIEN. 1981. Recueil de données sur les caractéristiques hydro-physiques du bassin de la rivière Matamec. Rapp. GCS-81-03, Département de Génie civil, Université Laval, Ste-Foy (Qué.).
- GIBSON, R. J. 1973. Interactions of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser. 4(1): 181-202.
1975. Matamec Annual Report for 1975. WHOI-75-62. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA.
1977. Matamec Annual Report for 1976. WHOI-77-28. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA.
- 1978a. Matamec Annual Report for 1977. WHOI-78-92. Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA.
- 1978b. The behavior of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) with regard to temperature and water velocity. Trans. Am. Fish. Soc.
- HAVEY, K. A. 1974. Effects of regulated flows on standing crops of juvenile salmon and other fishes at Barrows Stream, Maine. Trans. Am. Fish. Soc. 103: 1-9.
- HAVEY, K. A., ET R. M. DAVIS. 1970. Factors influencing standing crops and survival of juvenile salmon at Barrows Stream, Maine. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 299-311.
- LÉOPOLD, L. B., ET T. MADDOCK. 1953. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. USGS Prof. Pap. 252: 57 p.
- RICKER, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191: 382 p.
- SMOKER, W. A. 1953. Stream flow and silver salmon production in western Washington. Wash. Dep. Fish. Res. Pap. 1: 5-12.
- SPIEGEL, M. R. 1980. Théorie et application de la statistique. Série Schaum McGraw-Hill, New York, NY.
- WICKETT, W. P. 1951. The coho salmon population of Nile Creek. Fish. Res. Board Can. Progr. Rep. Pac. Coast Stn. 89: 88-89.
1958. Review of certain environmental factors affecting the production of pink and chum salmon. J. Fish. Res. Board Can. 15: 1103-1126.

hasse et
années.
sance à
ratiques

salmon

streams,
Trout in
lumbia,

olerance
sh. Soc.

(*Salmo*
-1501.
Wiley &

optimal
Found.

11, 1984