

## RELATION ENTRE CROISSANCE DE LA TRUITE COMMUNE, SALMO TRUTTA FARIO L., ET CARACTERISTIQUES DU MILIEU, DANS LES RIVIERES DU MASSIF CENTRAL.

Dominique BEAUDOU \* et R. CUINAT \*\*

\* Laboratoire d'Hydrobiologie Marine et Continentale, Université de Montpellier II (U.S.T.L.),  
Place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 05.

\*\* Conseil Supérieur de la Pêche, 6<sup>e</sup> Délégation Régionale : Auvergne-Limousin, Marmilhat,  
63370 LEMPDES.

### RÉSUMÉ

A partir de 166 stations réparties sur 70 cours d'eau du Massif Central, on a recherché les relations entre la croissance de la Truite, *Salmo trutta fario* L. et divers paramètres de la population et de l'environnement aquatique.

Un modèle prédictif a été obtenu ; il explique 58 % de la variance de la longueur totale moyenne atteinte à l'âge de trois ans ; soit 38 % par la distance aux sources, 9 % par la dureté de l'eau, 8 % par la pente, 2 % par la largeur.

Ce modèle a pour but d'aider au choix d'une taille légale de capture, sans avoir à échantillonner à chaque fois la population de poissons. Sa valeur est discutée et des propositions sont faites en vue de l'améliorer.

### RELATIONSHIP BETWEEN GROWTH OF BROWN TROUT, SALMO TRUTTA FARIO L., AND ENVIRONMENT, IN MASSIF CENTRAL RIVERS.

### ABSTRACT

On 166 sampling stations distributed on 70 rivers in Massif Central, relationship between Brown Trout (*Salmo trutta fario* L.) growth and several parameters of aquatic environment and of fish population are looked for.

A predictive model was obtained. It explains 58 % of the variance of mean total length at 3 years old : 38 % by distance from the springs, 9 % by total water hardness, 8 % by river slope and 2 % by river width.

The model gives an help to the choice of legal size, needing no sampling of fish population. Its value is discussed and improvements are suggested.

### 1. INTRODUCTION

La fixation d'une taille légale de capture est un élément important de la gestion des populations de poissons. Pour la Truite commune, *Salmo trutta fario* L., ainsi que pour d'autres salmonidés, la loi stipule que cette taille ne doit pas être inférieure à celle correspondant à l'âge de première reproduction.

Cet âge est généralement de trois ans chez les femelles et de deux ans chez les mâles (BILLARD, 1987), bien qu'il soit parfois moindre (respectivement deux ans et un an), notamment chez les individus à croissance rapide (CUINAT, non publié).

Le présent travail vise à faciliter l'évaluation de la taille moyenne atteinte à trois ans dans les diverses parties de réseaux hydrographiques, sans que l'on ait besoin, à chaque fois, de prélever des poissons et d'étudier leurs écailles.

Pour cela, en nous appuyant sur les données disponibles à la 6<sup>e</sup> Délégation Régionale du C.S.P.<sup>(1)</sup> sur 166 secteurs de cours d'eau, nous avons essayé de préciser les relations existant entre la croissance de la Truite (longueur atteinte en moyenne à trois ans) et les caractéristiques du milieu. Si un modèle prédictif pouvait ainsi être élaboré, il faciliterait le travail de l'aménagiste piscicole.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Description des données

#### 2.1.1. Variables explicatives

Les variables utilisées ont été sélectionnées pour répondre à la fois aux trois critères suivants :

- influence présumée des variables explicatives sur la croissance (variable expliquée : longueur totale observée à trois ans) ;
- acquisition des données sans trop de difficultés ;
- disponibilité dans les archives de la 6<sup>e</sup> D.R. (dans les inventaires par pêches électriques réalisés depuis 1962, et dans les études physico-chimiques du Service Régional d'Aménagement des Eaux ou du C.S.P. effectuées depuis 1972).

Quinze variables ont ainsi été retenues pour un ensemble de 166 stations réparties sur environ 70 cours d'eau de l'Auvergne et du Limousin. Ce sont :

- cinq descripteurs géographiques et morphodynamiques du secteur de pêche électrique : altitude (en mètre, lue sur carte au 1/2500 ou 1/50000), distance aux sources (en km, mesurée au curvimètre sur carte), pente (%., calculée sur carte au 1/25000 entre les courbes de niveau qui encadrent au plus près le secteur de pêche), largeur mouillée (en mètre, moyenne de plusieurs largeurs mesurées sur le secteur lors de la pêche), ombrage (% correspondant à une appréciation individuelle d'après le barème : faible, moyen, important).
- cinq descripteurs de la physico-chimie des eaux : dureté c'est-à-dire somme des concentrations calciques et magnésiennes (mg Ca<sup>2+</sup>/l), oxydabilité (mg O<sub>2</sub>/l), DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/l), nitrates (mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l), phosphates (mg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/l), mesurés généralement de façon ponctuelle en période estivale. Les analyses retenues sont les plus proches possibles dans l'espace et dans le temps des campagnes de pêches électriques.
- cinq descripteurs de la population piscicole : densité de truites (nombre/ha), biomasse de truites (kg/ha), densité de truites de plus de un an (nombre/ha), biomasse de truites de plus de un an (kg/ha), biomasse totale de toutes les espèces (kg/ha), calculées à l'aide de la méthode de DE LURY (1947), avec deux pêches successives.

#### 2.1.2. Variable expliquée : longueur totale à trois ans

Les longueurs totales observées à un, deux, trois ans juste avant la reprise de croissance printanière sont déterminées par rétromesure à partir des écailles. La taille au moment de la formation de chaque anneau est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$L_i = ((L_t - 18) R_i) / R_t + 18$$

avec :  $L_i$  = longueur totale au moment de la formation du  $i^{\text{e}}$  anneau (mm),  
 $L_t$  = longueur totale au moment de la pêche (mm),  
 $R_i$  = rayon de l'écaille (mm) au moment de la formation du  $i^{\text{e}}$  anneau,  
 $R_t$  = rayon de l'écaille (mm) au moment de la pêche,  
 18 = taille des alevins en mm au moment de l'apparition des écailles.

La longueur moyenne de la population pour un âge  $i$  correspond à la moyenne des longueurs calculées au moment de la formation du  $i^{\text{e}}$  anneau pour l'ensemble des poissons sur lesquels des écailles ont été prélevées. La longueur moyenne à trois ans est calculée avec un nombre de mesures variant de 3 à 22 selon l'importance des échantillons. Les tailles calculées sont ensuite comparées aux histogrammes de fréquence de longueurs afin de s'assurer de la cohérence des résultats.

(1) La 6<sup>e</sup> Délégation Régionale du Conseil Supérieur de la Pêche couvre les départements de l'Auvergne : Allier (03), Cantal (15), Haute-Loire (43), Puy-de-Dôme (63), et du Limousin : Corrèze (19), Creuse (23), Haute-Vienne (87).

## 2.2. Analyses statistiques

La matrice de corrélation des variables a été calculée d'une part pour déterminer les variables qui influent sur la taille à trois ans, d'autre part pour comprendre comment ces variables sont liées entre elles. La relation permettant l'estimation de la taille moyenne à trois ans en fonction des variables du milieu a été calculée par régressions linéaires, multiples, pas à pas. Différents essais ont été réalisés avec les données environnementales brutes ou transformées.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Estimation de la taille à trois ans en fonction de la taille à deux ans

La détermination de la taille moyenne atteinte par la truite à trois ans a été plus délicate que celle à deux ans. Ceci pour deux raisons :

Premièrement, l'échantillon exploitable est plus réduit : moins grand nombre de poissons présents dans le milieu, et plus forte proportion d'écaillés inutilisables car "régénérées". Ainsi, sur les 166 points d'inventaires comportant des études scalimétriques, seuls 89 ont permis la détermination de la longueur moyenne à trois ans par rétro mesure sur les écaillés.

Deuxièmement, l'analyse des fréquences de longueurs par séparation en composantes gaussiennes (PETERSEN, 1891) n'est souvent possible que pour les deux premiers groupes d'âge (0+ et 1+), et permet difficilement d'identifier les truites se trouvant dans leur troisième année (âge 2+).

Pour les besoins de la gestion piscicole, il est donc utile de disposer d'une relation permettant d'estimer la taille à trois ans en fonction de la taille à deux ans. Cette relation (1) a été calculée par régression simple avec des tailles moyennes à deux et trois ans estimées par rétro mesures. Les tailles L2 et L3 sont très corrélées ( $r = 0.915$  pour 89 couples de valeur, Tab. I).

$$L3 = 1.09 L2 + 31.63 \quad (1)$$

L3 = longueur totale moyenne à 3 ans en mm,

L2 = longueur totale moyenne à 2 ans en mm.

Cette relation explique 86 % de la variance de la taille moyenne à trois ans. L'intervalle de confiance de la longueur estimée est de  $\pm 21$  mm au seuil de 5 %.

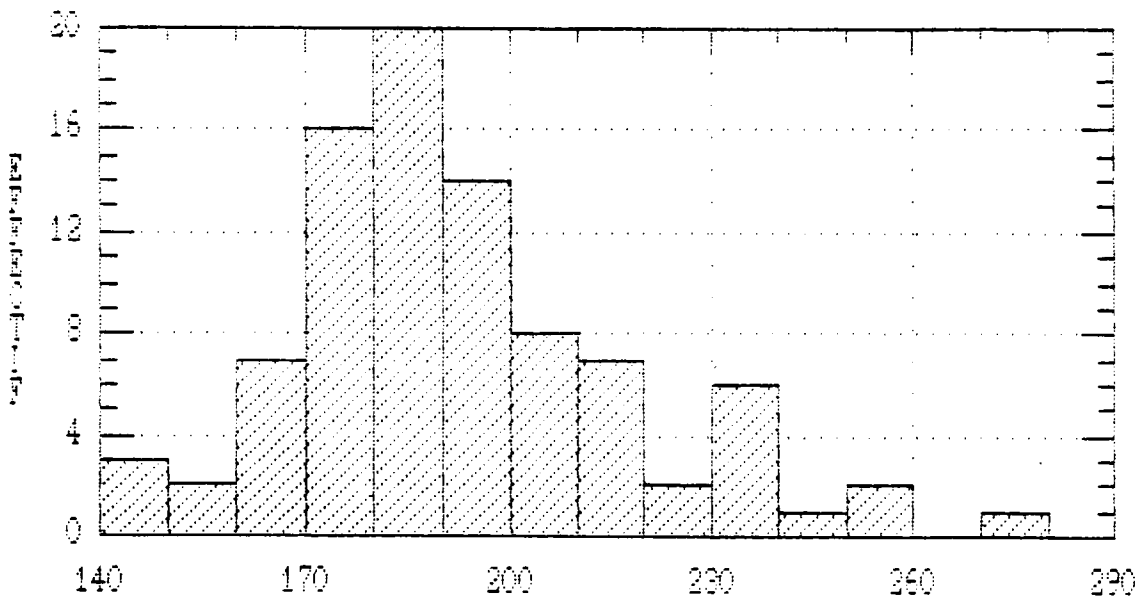


Figure 1 : Répartition des longueurs moyennes atteintes par la Truite à trois ans dans 89 stations des cours d'eau d'Auvergne-Limousin.

Figure 1 : Distribution of the mean lengths of age-3 trouts in 89 stations of Auvergne-Limousin rivers.



On retrouve la relation inverse croissance-densité de truites, constatée sur le terrain notamment par BURNET (1968, *in* CUINAT (1971, a)). La biomasse totale de toutes les espèces ne semble pas avoir d'influence sur les tailles (coefficients de corrélation non significatifs, Tab. I).

La relation densité-croissance est difficile à établir car la densité dépend elle-même en partie des facteurs qui influent sur la croissance. La densité de truites est corrélée négativement avec la distance aux sources et la largeur, et positivement avec la pente et l'altitude (Tab. I). EUZENAT et FOURNEL (1976) signalent que pour établir une telle relation, qui met en jeu le phénomène fort complexe de compétition alimentaire, il faut considérer la population avec ses besoins alimentaires par rapport aux disponibilités trophiques du milieu... "La relation densité (besoins alimentaires) — abondance de nourriture, doit être considérée comme un des facteurs primordiaux contrôlant la croissance, mais elle est extrêmement difficile à mettre en évidence dans les conditions naturelles, par suite des interactions complexes entre facteurs abiotiques (physico-chimie, température, pente, substrat) et biotiques (nourriture, abri, compétition intra et interspécifique)."

Une corrélation positive entre les différentes tailles et la dureté de l'eau est mise en évidence, malgré l'absence de fortes valeurs de dureté dans la région considérée. En effet, ces valeurs sont inférieures à 40 mg/l pour 97 % des stations. Ces faibles taux sont liés à la nature des sols (basaltes, granites...) et correspondent à des productivités inférieures ou égales à "médiocre" selon la classification de HUET (*in* NISBET et VERNEAUX, 1970).

Les autres paramètres physico-chimiques (DBO5, oxydabilité, nitrates, phosphates) sont peu explicatifs. Ce sont des mesures ponctuelles, peu comparables entre elles dans le temps, donc peu appropriées à une analyse telle que celle-ci.

### 3.3. Modélisation

Pour être efficace, une relation prédictive doit, entre autre, être facile d'utilisation. Elle devrait permettre le calcul approché d'une taille légale, lorsqu'un échantillonnage par pêche électrique n'est pas possible. Certaines variables n'ont donc pas été prises en compte dans la régression pas à pas. Ce sont d'une part l'ombrage, dont la corrélation avec la croissance n'apparaît pas de façon évidente, d'autre part les valeurs de densité et de biomasse, qui nécessitent des pêches électriques.

La relation prévisionnelle qui explique au mieux la variance de la longueur à trois ans (58 % de variance expliquée) (Tab. II) s'écrit (relation 2) :

$$L3 = 0.75 \text{ DIST} + 13.49 \text{ Loge DUR} - 0.57 \text{ PENTE} - 1.19 \text{ LARG} + 165.37 \quad (2)$$

avec L3 = longueur totale moyenne à trois ans (en mm),

DIST = distance aux sources, de 2 à 110 km,

DUR = dureté, de 2 à 37 mg/l de Ca<sup>2+</sup>,

PENTE = pente, de 1 à 60 ‰,

LARG = largeur, de 1 à 23 m.

Les limites de confiance minimales de L3 sont de ± 33 mm au seuil de 5 %.

On remarque que la largeur intervient négativement dans cette formule, alors que la corrélation deux à deux avec la taille est positive (Tab. I). Ceci peut s'expliquer, au moins partiellement, par le fait que l'influence positive de la largeur est déjà traduite par celle de la distance aux sources. Cette dernière explique d'ailleurs 38 % de la variance de la taille, alors que la largeur n'en explique que 2 %.

L'influence de la dureté et de la pente, qui expliquent 9 % et 8 % de la variance de la longueur à trois ans (Tab. II) est plus faible que celle constatée par CUINAT (1971, b). Cet auteur a établi, dans une étude portant sur quatre régions françaises (Normandie, Nord-Est, Massif Central, Pays Basque), une formule prédictive de la taille à trois ans, dans laquelle 35 % de variance de la taille est expliquée par le calcium (sous forme d'indice) et 13 % par un indice pente-largeur. Dans ce travail, la dispersion des valeurs de tailles et de dureté est beaucoup plus importante que celle observée pour la seule région Auvergne-Limousin. De plus, dans notre formule, l'influence de la pente est déjà prise en compte par la distance aux sources. Enfin, cette relation serait à vérifier sur d'autres secteurs.

**Tableau II : Résultats de la régression linéaire multiple pas à pas réalisée sur les variables explicatives de la longueur moyenne des truites à trois ans (89 stations ; région Auvergne-Limousin).**

**Table II : Results of a stepwise linear multiple regression analysis of factors explaining the variation of the mean length of age-3 trouts (89 stations ; Auvergne-Limousin region).**

Variable expliquée = longueur moyenne à 3 ans (mm)		
Variables explicatives	Coefficient de corrélation multiple	Proportion de variance expliquée
distance aux sources (km)	0.619	0.383
log <sub>e</sub> dureté (mg/l)	0.684	0.383 + 0.091 = 0.474
pente (‰)	0.739	0.474 + 0.083 = 0.557
largeur (m)	0.760	0.0557 + 0.022 = 0.578

La relation (2) est assez imprécise par rapport à certains modèles établis en lacs. DONALD *et al.* (1980) obtiennent une relation qui explique 72 % de la variance du poids à cinq ans de l'Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), en fonction du nombre d'amphipodes/m<sup>2</sup>, de la profondeur maximale, de la conductivité. RYAN et HARVEY (1981) calculent des relations expliquant respectivement 98 % de la croissance du rock bass (*Ambloplites rupestris*) et 83 % de celle de la perche européenne (*Perca flavescens*), en lacs acidifiés. Ces relations utilisent 10 et 11 variables et définissent les valeurs de l'âge moyen à 110 et 140 mm. Cependant, ces études s'appliquent à des milieux fermés, et prennent en compte plus de descripteurs que dans notre étude (17 et 37 paramètres environnementaux sont relevés pour chaque station).

Le présent modèle s'appuie sur des données déjà existantes, dont le choix n'avait pas été orienté dans ce but. Il est de plus calculé sur un nombre de variables assez faible et limité par la redondance de certaines d'entre elles.

Le modèle serait aussi plus précis (intervalle de confiance moins large) si d'autres facteurs explicatifs de la croissance étaient pris en considération : facteur indirects (débits, profondeur, végétation aquatique immergée...) ou directs (quantité de nourriture disponible, températures de l'eau...). Néanmoins, après une phase de recueil et de traitement statistique des données, les facteurs apparaissant peu performants en regard de leur valeur explicative et du coût de leur collecte seront écartés.

De toutes façons, la valeur du modèle serait probablement accrue s'il était construit à partir d'observations dans plusieurs régions, si possible représentatives de la diversité géographique de la France. Mais cette extension n'est à envisager qu'après qu'un protocole commun de récolte des données ait été défini.

Parmi les facteurs influençant très probablement la taille moyenne observée dans une population à trois ans, certains resteront toujours très difficiles, sinon impossibles, à quantifier ; ainsi, par exemple, l'influence du génotype ("souche" de truites adaptée à tel milieu), des sujets de repeuplement ayant réussi à s'implanter, des sujets ayant passé une partie de leur vie dans une autre partie du cours d'eau que celui que l'on échantillonne, etc.

#### 4. CONCLUSION

Les relations que nous avons obtenues n'ont qu'une assez faible précision : l'évaluation de la taille à trois ans à partir de la taille à deux ans (relation 1), ou à partir de quatre paramètres de l'environnement (relation 2), est assortie d'un intervalle de confiance important ( $\pm 21$  et  $\pm 33$  mm), ce qui limite beaucoup leur valeur biologique. Une nouvelle campagne d'étude, prenant en compte un nombre plus important d'observations sur chaque station, et portant sur une plus grande étendue géographique, permettrait probablement d'améliorer ces relations.

Néanmoins, sachant que la réglementation doit rester aussi simple que possible, et qu'il est hors de question de fixer plus de trois tailles légales différentes dans un même département, ces tailles ne peuvent s'adapter que très grossièrement à la grande diversité des situations existant en réalité dans les rivières, ou entre l'amont et l'aval d'une même rivière. Dans ces conditions, une évaluation fine de ces situations est tout à fait inutile, et nos relations fournissent, au prix d'un effort minime d'observation sur le terrain, une réponse généralement suffisante à la question posée.

## 5. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier, Messieurs C. RAGON (6<sup>e</sup> D.R. du C.S.P.) pour sa contribution à la réalisation de ce travail, D. SARGOS et J. DEVAUX (Laboratoire Régional d'Hydrobiologie de l'Université de Clermont-Ferrand II) qui ont mis à notre disposition et adapté les programmes de traitement de données puis nous ont aidé dans l'interprétation des résultats. Nos remerciements vont également à Messieurs G. LASSERRE et T. LAM HOAI (Laboratoire d'Hydrobiologie Marine et Continentale, Université de Montpellier II) pour leurs conseils et à Monsieur T. DO CHI (Laboratoire d'Hydrobiologie Marine et Continentale, Université de Montpellier II) qui a eu la gentillesse de commenter et de corriger ce manuscrit. Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier de l'Union Régional des Fédérations d'A.A.P.P. du Massif-Central.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

- BILLARD R., 1987. The reproductive cycle of male and female Brown Trout (*Salmo trutta fario*) : a quantitative study. *Reprod. Nutr. Develop.*, 27(1A), 29-44.
- CUINAT R., 1971 (a). Ecologie et repeuplement des cours d'eau à truites. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, n<sup>os</sup> 240-242-243, 83 p.
- CUINAT R., 1971 (b). Principaux caractères démographiques observés sur 50 rivières à truites françaises. Influence de la pente et du calcium. *Ann. Hydrobiol.*, 2(2), 187-207.
- DE LURY D.B., 1947. On estimation of biological populations. *Biometrics*, 3, 145-176.
- DONALD D.B., ANDERSON R.S., MAYHOOD D.W., 1980. Correlations between brook trout growth and environmental variables for mountain lakes in Alberta. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 109(6), 603-610.
- EUZENAT G., FOURNEL F., 1976. Recherches sur la Truite commune (*Salmo trutta* L.) dans une rivière de Bretagne : le Scorff. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, sci. du comportement et de l'environnement, spécialité : biologie animale. Université Rennes, 213 p.
- NISBET M., VERNEAUX J., 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. *Ann. Limnologie*, 6(2), 161-190.
- PETERSEN, 1891, in DAGET J., LE GUEN J.C. Critères d'âges chez les poissons in LAMOTTE M., BOURLIERE F., 1975. Problèmes d'écologie : la démographie des populations de vertébrés, Masson, 443 p.
- RYAN P.M., HARVEY H.H., 1981. Factors accounting for variation in the growth of rock bass (*Ambloplites rupestris*) and yellow perch (*Perca flavescens*) in the acidifying La Cloche Mountain Lakes of Ontario, Canada. *Ver. Internat. Verein. Limnol.*, 21, 1231-1237.