

Evolution et caractéristiques biologiques de la population de truites (*Salmo trutta* L.) du Flon de carrouge (Canton de Vaud, Suisse)

Autor(en): **Büttiker, Bernard / Labous, Morgane**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **88 (2002-2003)**

Heft 2

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-281425>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Evolution et caractéristiques biologiques de la population de truites (*Salmo trutta* L.) du Flon de Carrouge (Canton de Vaud, Suisse)

par

Bernard BÜTTIKER¹ et Morgane LABOUS¹

Abstract.—BÜTTIKER B. and LABOUS M., 2002. Evolution and biological characteristics of the brown trout (*Salmo trutta* L.) population in the River Flon de Carrouge (Canton of Vaud, Switzerland). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 88.2: 195-224.

From the fall 1983 to the spring 1988, 10 electrofishing surveys have been achieved for the brown trout (*Salmo trutta*) populations in the River Flon de Carrouge, a small tributary of the River Broye (canton of Vaud, Switzerland) belonging to the trout zone (HUET 1959). Restocking has been interrupted in 1983 and 1984 in order to get an evaluation of the potentialities of the natural reproduction in the river. In 1985 and 1986, the river has been restocked with marked trout only. Both generations were followed until spring 1988.

The growth of the trout fits closely the VON BERTALANFFY growth model ($L_{\infty}=33.97$; $K=0.375$; $t_0=1.196$). The growth rate is considered to be intermediate for brown trout populations in Switzerland. Most females reach the sexual maturity when they are 3 years old and the males when they are 2 years old. The survival rate is estimated to 46% per year for the age classes 1+ (1 to 2 years) and 2+ (2 to 3 years), to 15% for the age classes 3+ (3 to 4 years) and older.

The fishery statistics have been compared to hydrological data for the period 1979 to 1998. The yield is shown to be positively correlated with the value of the low water discharge in the same year. The fluctuations of the fish population in the river don't explain the variations of the yield. The natural reproduction is probably sufficient for the renewal of the exploited fish population. However, a long time study would be necessary to appraise clearly how the population of trout would evolve without any artificial restocking. The methods used to determine an optimal minimal catch size are also discussed.

Keywords: *Salmo trutta*, population dynamic, restocking, productivity, Switzerland.

¹Centre de Conservation de la faune et de la nature du canton de Vaud, Chemin du Marquisat 1, CH-1025 St-Sulpice (Suisse).

Résumé.—BÜTTIKER B. et LABOUS M., 2002. Evolution et caractéristiques biologiques de la population de truites (*Salmo trutta* L.) du Flon de Carrouge (Canton de Vaud, Suisse). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 88.2: 195-224.

Dix inventaires des populations de truite de rivière (*Salmo trutta*) ont été réalisés par pêche électrique dans le Flon de Carrouge entre l'automne 1983 et le printemps 1988. Ce petit affluent de la Broye (canton de Vaud, Suisse) appartient à la zone à truite (HUET 1959). Le repeuplement a été interrompu pendant les années 1983 et 1984 afin de pouvoir estimer l'importance de la reproduction naturelle dans la rivière. En 1985 et 1986, le repeuplement s'est fait uniquement avec des poissons marqués. Ces deux générations ont été suivies jusqu'au printemps 1988.

La croissance de la truite est très bien décrite par le modèle de VON BERTALANFFY ($L_{\infty}=33.97$; $K=0.375$; $t_0=1.196$). Elle est considérée comme moyenne en comparaison à d'autres cours d'eau à truite en Suisse. Les femelles atteignent en majorité la maturité sexuelle à l'âge 3 ans et les mâles à l'âge de 2 ans. Le taux de survie est estimé à 46% par année pour les classes d'âge 1+ (1 à 2 ans) et 2+ (2 à 3 ans), à 15% dès la classe 3+ (3 à 4 ans).

A titre indicatif, une analyse des relations entre le rendement piscicole et des données hydrométriques pour les années 1979 à 1998 a été réalisée. Elle indique que le rendement est influencé de manière positive et significative par la valeur du débit d'étiage de l'année en cours. Les fluctuations de la population présente dans la rivière ne permettent cependant pas d'expliquer les variations du rendement piscicole. La reproduction naturelle est probablement suffisante pour assurer un renouvellement de la population exploitée. Toutefois, une étude à plus long terme serait nécessaire pour estimer de manière précise quelle pourrait être l'évolution de la population de truite en l'absence de repeuplement artificiel. Les méthodes pour fixer la dimension minimale de capture sont également discutées.

Mots clés: *Salmo trutta*, dynamique des populations, repeuplement, productivité, Suisse.

INTRODUCTION

La plupart des cours d'eau piscicoles vaudois (environ 2'000 km au total) appartiennent à la zone à truites, certains aux zones à ombres ou à barbeau selon la classification de HUET (1959). La truite de rivière est la principale espèce exploitée par les pêcheurs en rivière. La production moyenne annuelle de la pêche a été estimée entre 1976 et 1986 à 142'500 truites pêchées, ce qui correspond à environ 26 tonnes (BÜTTIKER 1989b). Ce rendement a baissé à environ 60'000 truites capturées par année entre 1990 et 1998. Cette chute de rendement est essentiellement observée dans les rivières importantes, alors que le nombre de poissons capturés dans les petites rivières est resté dans l'ensemble assez stable. Dans le Flon de Carrouge, l'une de ces petites rivières, le nombre de captures varie entre environ 600 et 1'000 truites par année, sans que l'on puisse toutefois constater une tendance à la baisse (fig. 4C).

De l'automne 1983 au printemps 1988, des inventaires des populations de truites de rivière (*Salmo trutta* L.) ont été réalisés dans le Flon de Carrouge dans le but d'acquérir des données plus approfondies sur l'évolution et les caractéristiques biologiques d'une population de truites de rivière et de réunir ainsi les données nécessaires pour la gestion de cette espèce.

La méthode d'analyse des inventaires des populations de truites a fait l'objet d'une publication scientifique (BÜTTIKER 1992), mais les résultats proprement dits n'ont jamais été publiés. Bien que relativement anciens, ils gardent toutefois tout leur intérêt dans le contexte de la problématique actuelle de la diminution des rendements de la truite de rivière observée dans de nombreuses rivières du Plateau suisse. Cette problématique fait l'objet depuis 1998 d'un vaste programme d'études intitulé «Réseau suisse poissons en diminution», mieux connu sous la dénomination «Fischnetz» et mené à bien sous la direction de la Confédération suisse. Les résultats ont été complétés par une analyse de la statistique de pêche de 1979 à 1999 ainsi qu'à une analyse écomorphologique du Flon de Carrouge selon la méthodologie récente de la Confédération suisse (OFEFP 1998). Ces éléments les placent dans un contexte d'actualité.

La présente étude a pour but d'analyser le lien éventuel entre les variations du nombre des captures et la biomasse des truites dans le Flon de Carrouge, ainsi que la contribution du repeuplement artificiel sur le rendement piscicole et sur l'évolution de la population de truite. Elle a également pour objectif d'analyser les principales caractéristiques de la dynamique de la population de truites du Flon de Carrouge et de fournir des éléments pour la gestion des petits cours d'eau de plaine.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le Flon de Carrouge

Le Flon de Carrouge est une petite rivière du Bassin de la Broye (canton de Vaud, bassin du Rhin) située sur le plateau suisse (entre 800 et 530 m d'altitude) et appartenant à la zone à truites (HUET 1959, ARRIGNON 1991).

Dans toutes les rivières vaudoises, la pêche est soumise au régime des permis (pêche de loisir seulement), aucun droit de pêche privé n'existe et le droit de pêche ne peut pas être loué. La pêche dans le Flon de Carrouge est donc autorisée à chaque titulaire de permis vaudois de pêche en rivière. Les dispositions légales relatives à la capture des truites sont restées constantes de 1979 à 1999, période prise en considération pour cette étude. Les pêcheurs ont l'autorisation de capturer au maximum 10 truites par jour dont la longueur doit être de 22 cm au minimum.

La pêche est ouverte du 1^{er} samedi du mois de mars à fin septembre. Elle est interdite toute l'année dans une réserve de pêche longue de 800 m (fig. 1).

Les caractéristiques du cours d'eau et l'estimation de sa productivité piscicole théorique (HUET 1949, ARRIGNON 1991) sont basées sur l'inventaire écomorphologique réalisé par l'inspection de la pêche du canton de Vaud en 1968 et vérifiées en 1986 (tableau 1). Ils ont été complétés et actualisés en 2002

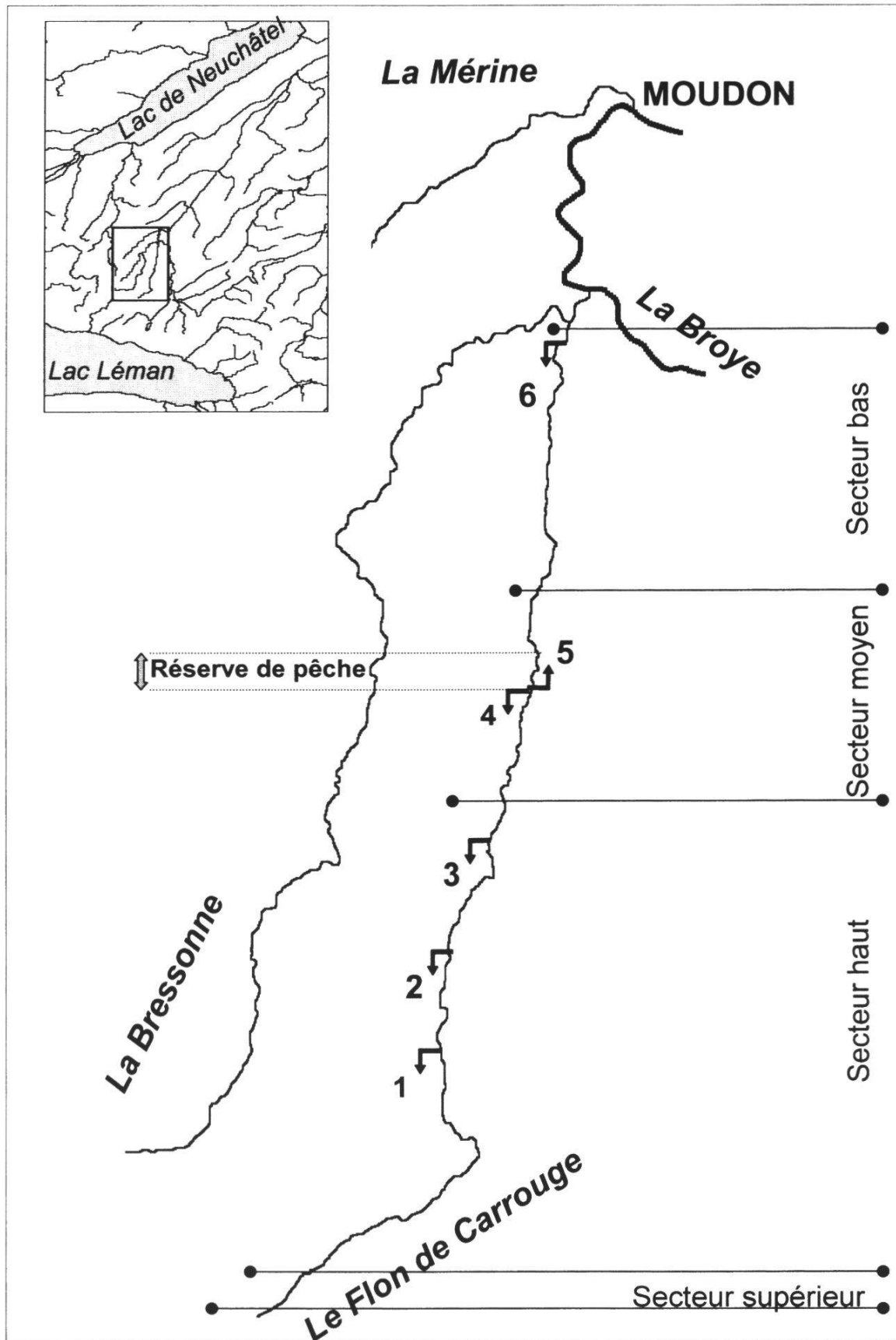


Figure 1.—Situation du Flon de Carrouge, de ses quatre secteurs et de la réserve de pêche. La Bressonne et la Mérine figurent également sur ce plan. Les numéros et les flèches indiquent les points de départ des 5 segments pêchés, ainsi que la direction de la pêche au moyen d'un appareil de pêche électrique.

Tableau 1.—Caractéristiques écomorphologiques du Flon de Carrouge et productivité piscicole théorique. *L* = largeur moyenne du lit mouillé (par basses eaux); *S* = surface du lit mouillé; *B* = indice biogénique; *K* = facteur de productivité.

Secteur	Longueur (m)	L (m)	S (ha)	Pente (‰)	B	K	Productivité (kg/ha)	Productivité (kg)	segments
supérieur	870	0.8	0.07	34	0	1.5	0	0.0	
haut	8'280	2.4	2.02	15	3	1.5	45	90.9	1, 2, 3
moyen	3'240	3.2	1.03	20	7	1.5	105	108.4	4, 5
bas	3'190	3.1	1.00	24	3	1.5	45	44.9	6
							Total:	244.2	
							Nombre:	1'471	

par une analyse écomorphologique selon la méthode du concept modulaire de la Confédération (OFEFP 1998) au niveau régional (niveau R). Cette analyse consiste à relever des données hydromorphologiques et les mesures techniques entreprises dans le cours d'eau et sur ses berges, ainsi que les conditions de son environnement. Les données obtenues permettent de répartir les différents tronçons du cours d'eau en quatre classes (tronçon naturel; peu atteint; très atteint; artificiel). Le Flon de Carrouge est resté naturel dans la grande majorité de son parcours (tableau 2), mais sa productivité théorique est néanmoins assez limitée. En effet, sur de longs parcours, la rivière coule sur un fond molassique (grès à ciment calcaire), n'offrant que très peu d'abris pour la faune.

En plus de la truite de rivière (*Salmo trutta*), la présence du vairon (*Phoxinus phoxinus*), du chabot (*Cottus gobio*) et de la loche franche (*Barbatula barbatula*) a été constatée dans le Flon de Carrouge.

Dès les années 1980, la faune benthique fait l'objet de suivis réguliers en trois stations situées sur la rivière, dont deux dans le secteur haut (fig. 1) et une dans le secteur bas, proche de l'embouchure dans la Bressonne (LANG 1998, 2000). Les résultats indiquent que la qualité biologique est bonne au point le plus haut, moyenne à bonne et s'améliorant au point intermédiaire, médiocre à mauvaise en aval. Ces données ne reflètent cependant pas l'aspect quantitatif de la faune, tant importante pour la production piscicole. L'inventaire écomorphologique réalisé en 1968 et la vérification de 1986 indiquent à cet égard que la faune benthique est intéressante en tant que pâture pour les poissons et moyennement abondante.

Inventaires piscicoles

L'inventaire des truites a été réalisé par pêche électrique, au moyen d'un seul appareil de 1 kW de puissance en courant continu (BÜTTIKER 1992). Les prélèvements ont été réalisés de l'automne 1983 au printemps 1988

dans 6 segments répartis dans 4 secteurs du Flon de Carrouge (fig. 1). Les caractéristiques des segments pêchés sont présentées dans le tableau 2. Lors des pêches électriques, les segments pêchés ont été délimités uniquement par des repères visuels. Il a été constaté que le nombre de poissons échappés des segments de pêche entre les passages de capture et de recapture est insignifiant et nous avons donc renoncé à isoler les segments avec un filet (BÜTTIKER 1992). De plus, les études menées par CARLINE (2001) confirment que le mouvement des truites entre secteurs de rivières est très limité.

Tableau 2.—Analyse écomorphologique (niveau R), du Flon de Carrouge. I=cours d'eau naturel; II=cours d'eau peu atteint; III=cours d'eau très atteint; IV=cours d'eau non naturel (artificiel).

Secteur	Analyse écomorphologique	
	classification du secteur	remarques
supérieur	56% I; 35% II; 9% IV	Un tronçon de ce secteur est totalement artificiel.
haut	74% I; 24% II; 2% III	
moyen	100% I	Tronçons peu accessibles
bas	87% I; 13% II	Sur une grande partie du tronçon, le fond de la rivière ainsi que les rives sont constitués de molasse.

Le nombre de truites présentes dans chaque segment a été estimé par la méthode de marquage-recapture de PETERSEN modifiée pour les petits nombres selon CHAPMAN (RICKER 1975). Chaque segment de pêche a d'abord été pêché en 2 passages de capture. Une nageoire ventrale a été partiellement coupée chez chaque poisson avant la remise à l'eau. Une nouvelle pêche a été effectuée 3 à 24 heures plus tard et les individus avec et sans nageoire ventrale coupée ont été recensés.

Les méthodes de DE LURY et PETERSEN tendent toutes les deux à surestimer la taille réelle de la population. Cependant, la méthode de DE LURY se rapproche des résultats réels seulement lorsque l'effort de pêche et la probabilité de pêche d'un poisson sont les mêmes dans chaque segment pêché (SEBER 1973). Cette condition ne peut être satisfaite lorsque l'intervalle de temps entre les pêches est court (BOHLIN *et al.* 1989), comme dans la présente étude. Le choix de la méthode est par ailleurs discuté par BÜTTIKER (1992).

La méthode de marquage-recapture utilisée pour déterminer le nombre de truites présentes dans chaque segment tend également à surestimer les effectifs de population. En effet, la probabilité de capturer les poissons dépend de plusieurs facteurs environnementaux, biologiques et techniques (TIMMERMANS 1957, BOHLIN *et al.* 1989, ZALEWSKI *et al.* 1990) et les poissons de grande taille ont une plus grande probabilité d'être capturés que les petits. Pour en tenir compte, des fonctions de sélectivité de la pêche électrique ont été déterminées

pour chaque campagne de pêche. Les nombres de truites ont été corrigés en fonction de leur probabilité de capture (BÜTTIKER 1992), afin d'obtenir la meilleure estimation possible des nombres et des longueurs moyennes des truites. Les dates et les caractéristiques des campagnes de pêche électrique figurent dans le tableau 3.

Tableau 3.–Les campagnes de pêche électrique.

Campagne	Longueur des segments pêchés (m)	Segments (nombre) ¹	Temps entre marquage et recapture (h)	Segments inventoriés (numéros)
13.10.1983	100	4 (4)	3-5	1-3, 5
25/26.4.1984	100	4 (4)	22-24	1-3, 5
18/19.10.1984	100	4 (4)	22-24	1-3, 5
8.11.1985 ²	150	3 (3)	3-5	1-3
8.11.1985 ²	150	2 (2)	3-5	5, 6
14.5.1986	200/100	6 (3)	3-5	1-6
5.11.1986	150	5 (5)	3-5	1-3, 5, 6
23.4.1987 ³	150	5 (0)		1-4, 5
1.12.1987	150	5 (2)	3-5	1-3, 5, 6
28.4.1988	100	5 (2)	3-5	1-3, 5, 6

¹Nombre total de segments pêchés pendant la campagne. Entre parenthèses: nombre de segments avec recapture.

²En 1985, les segments du haut et du bas ont été pêchés par deux équipes différentes, ce qui a nécessité un traitement distinct des données.

³Au printemps 1987, seuls des passages de capture ont été réalisés, sans marquage et recapture. La fonction de sélectivité de la campagne établie avec les données du printemps 1988 a été utilisée pour cette campagne.

Les individus dont une nageoire ventrale a été sectionnée pour le recensement par la méthode de PETERSEN (ci-après désignés par «VC») sont encore bien reconnaissables plusieurs mois, voire une année plus tard. La nageoire ne s'est pas encore entièrement reconstituée, une cicatrice est encore apparente, la nageoire est déformée ou la partie régénérée est colorée différemment. Ces VC ont été notés lors des campagnes de printemps 1984, afin de pouvoir estimer le renouvellement des truites dans les segments inventoriés. Un taux d'échange I qui exprime la part de poissons échangés dans la population présente dans les segments inventoriés lors des campagnes précédentes, a été déterminé selon l'équation suivante:

$$I = 1 - m/M \text{ et } M = n/N \quad (1)$$

où m =part de VC trouvés dans les captures du printemps 1984, M =part de VC lors de la campagne d'automne 1983, n =nombre de VC lors de la campagne d'automne 1983 et N =population en place estimée lors de la campagne d'automne 1983.

Sexe et maturité sexuelle

Le sexe et le degré de maturité des truites ont été déterminés sur un lot de 145 poissons. Il est cependant difficile de déterminer ces paramètres sur des truites à l'état vivant, sauf pendant la période de frai où un stripping des individus mûrs permet de les déterminer de façon certaine. Ainsi, le sexe d'une partie des truites vivantes a pu être déterminé avec certitude lors des campagnes d'automne seulement, sur des individus dépassant la longueur de 22 cm.

Afin d'obtenir des renseignements plus précis pour les individus matures de taille inférieure, toutes les truites dont la longueur se situait entre 17 et 21.9 cm ont été sacrifiées dans une portion de rivière de 100 m de longueur située en aval du segment 5 lors de la campagne d'automne 1984 (26 mâles et 21 femelles). Les données complètes – âge, sexe et degré de maturité – ont ainsi pu être réunies pour 108 mâles et 37 femelles au total. La fécondité (nombre d'œufs présents dans les ovaires) a été estimée sur un échantillon de 11 de ces truites de 70 à 125 g. Il était nécessaire de maintenir un échantillon très faible, afin de limiter au maximum le prélèvement artificiel d'individus matures dans la population.

Le potentiel de reproduction (nombre d'œufs pondus dans l'ensemble du cours d'eau) a été estimé pour les saisons de reproduction des années 1983 à 1987 sur la base de la biomasse des truites présentes lors de chaque campagne d'automne et en fonction du pourcentage de femelles matures dans chaque classe d'âge. Le nombre d'alevins a été estimé en admettant que la survie entre la fécondation et l'émergence est de 80%, valeur admise par MAISSE et BAGLINIERE (1991) pour deux ruisseaux du bassin du Scorff. HAUNSCHMID et KOZAK (1997) admettent même des taux plus élevés.

Age et croissance

Des données ont été relevées sur 4'459 truites capturées au cours de 9 campagnes de prélèvement. Les poissons ont tous été mesurés et en partie pesés. Des écailles ont été prélevées sur le pédoncule caudal d'individus de toutes tailles, constituant ainsi un sous-échantillon d'âge connu ($N=1'213$). L'âge est déterminé par comptage des annuli des écailles prélevées. Parmi les écailles prélevées durant les campagnes d'octobre 1984, mai 1986, novembre 1986 et avril 1987, 637 échantillons totalisant 1'393 écailles ont par ailleurs été analysées par scalimétrie.

La longueur des poissons en fonction de leur âge a été analysée selon les deux méthodes suivantes:

–*Longueur mesurée*: les truites appartenant au sous-échantillon d'âge connu sont classées en classes de longueur de 1 cm. Le pourcentage des individus de chaque classe d'âge est déterminé par classe de longueur. La matrice ainsi

obtenue permet de classer l'ensemble de l'échantillon en classes d'âge, puis de déterminer la longueur moyenne pour chacune d'entre elles (RICKER 1975, p. 67). Cette procédure est répétée pour chaque campagne.

–*Rétrocalcul*: la meilleure relation entre le diamètre des écailles et la longueur des poissons a été recherchée au moyen de l'analyse de covariance (BARTLETT *et al.* 1984). Le modèle de régression log-log de TEISSIER ou «relation d'allométrie» ou «GM regression» (RICKER 1973) entre les deux variables a été retenu. Sur la base de cette relation, les rétrocalculs ont été effectués selon la méthode de FRASER-LEE (BARTLETT *et al.* 1984, FRANCIS 1990).

La fonction de croissance exponentielle de VON BERTALANFFY (RICKER 1975) a été ajustée à l'ensemble des longueurs rétrocalculées (Ajustement de fonctions, SPSS).

Validation de la détermination d'âge

Parmi les individus marqués et immergés dans le Flon de Carrouge en 1985 et 1986, 114 truites d'âge connu (jusqu'à 4 ans) ont été recapturées lors des campagnes de pêche électrique. L'âge d'un seul individu (0.9%) a été mal estimé, avec une seule année d'écart. Les erreurs de lecture d'âge des truites étudiées sont donc négligeables, du moins jusqu'à la 4^{ème} année de vie. Chez les individus plus âgés, la lecture des écailles est plus difficile, les annuli étant plus rapprochés les uns des autres. Les erreurs ne peuvent donc pas être exclues, mais ne portent pas à conséquence pour l'interprétation générale des résultats.

Dans l'échantillon de truites d'âge et de sexe connus capturées lors des campagnes d'automne (108 mâles, 37 femelles), aucune différence significative de la longueur moyenne, donc de la croissance, ne peut être décelée entre les individus mâles et femelles. Les analyses de croissance ont donc été faites sans tenir compte du sexe.

Evolution des cohortes et mortalité

Les résultats des inventaires se présentent, pour chaque segment, sous la forme de nombres ou biomasses par ha. Les caractéristiques écomorphologiques, et par conséquent la capacité d'accueil pour les poissons, étant différentes dans chacun des secteurs (Tableaux 1 et 2), il était nécessaire d'estimer le nombre et la biomasse des truites présentes dans le Flon de Carrouge de la manière suivante: Les secteurs haut et bas ont un facteur biogénique B (HUET 1959 et ARRIGNON 1991) et une productivité théorique comparables ($B=3$). La superficie est de 2.02 ha pour le secteur moyen et de 1.0 ha pour le secteur bas, soit au total 3.02 ha. Les moyennes des données par ha des segments 1 à 3 ainsi que 6 ont donc été multipliées par 3.02. Lorsque seuls les segments 1 à 3 étaient

inventoriés (tableau 2), les données de ces segments étaient considérées comme étant représentatives pour l'ensemble des secteurs haut et bas.

La productivité du secteur moyen est plus élevée ($B=7$) et sa superficie est de 1.03 ha. Les données des segments 4 et 5 ont donc été multipliées par 1.03. Lorsque seul le segment 5 était inventorié (tableau 3), les données de ce segment étaient considérées comme représentatives pour le secteur moyen.

Le nombre et la biomasse totaux du cours d'eau ont été obtenus par addition des résultats ainsi obtenus pour les secteurs haut et bas d'une part, pour le secteur moyen d'autre part.

Toutes les densités de poissons (N/ha et kg/ha) sont comprises par unité de surface du lit mouillé, c'est-à-dire du lit immergé en période de basses eaux.

Pour chaque cohorte, le taux annuel de mortalité Z [années⁻¹] a été estimé selon la relation

$$Z = -(\ln(N_t) - \ln(N_0)) / (t - t_0) \quad N_t / N_0 = e^{-Z t} \quad (2)$$

où N_t = nombre d'individus présents lors de l'inventaire effectué au temps t et N_0 = nombre présent lors de l'inventaire précédent, au temps t_0 (RICKER 1975). Le temps t est compté à partir du 13 octobre 1983, date de la première campagne. Dans cette étude, l'unité de t est 1 année.

Ainsi, 28 valeurs de Z ont pu être obtenues. La classe d'âge 0+ n'a pas été prise en compte pour le calcul de Z , parce que ses effectifs sont soumis à une mortalité à et des variations importantes.

Pour estimer la biomasse, les poids des poissons ont été calculés à partir de la relation taille-poids (déterminée à partir de 128 truites mesurées et pesées dans le Flon de Carrouge et la Cerjaulle, une autre petite rivière de la même région étudiée en même temps que le Flon, pendant les campagnes de printemps). La relation est décrite par une régression log-log, dont les valeurs sont les suivantes:

$$\ln(W) = 2.82 \ln(L) - 4.05 \quad r^2 = 0.956 \quad (3)$$

où W est le poids [g] et L est la longueur totale [cm] des poissons.

Pour le calcul de la biomasse de poissons présente dans les segments inventoriés, les poids manquants ont été complétés par les poids calculés au moyen de cette relation.

Taille critique

La taille critique a été estimée afin de situer la dimension minimale «optimale» de capture. Cette taille correspond à la longueur à laquelle le taux instantané de mortalité Z (éq. 2) est égal au taux instantané de croissance en poids G [années⁻¹] de la population (RICKER 1975).

$$G = (\ln(W_t) - \ln(W_0)) / (t - t_0); W_t / W_0 = e^{-Gt} \quad (4)$$

où W_t = poids des poissons au temps t et W_0 = poids au temps t_0 (RICKER 1975). G a été estimé selon la formule suivante (RICKER 1975):

$$G = (\ln(L_n) - \ln(L_{n-1})) * b \quad (5)$$

où L_n = longueur rétrocalculée moyenne au dernier annulus formé, L_{n-1} = cette longueur à l'avant-dernier annulus, et $b = 2.82$, soit la pente de la fonction taille-poids (éq. 3).

Statistiques de pêche

Les pêcheurs du canton de Vaud ont l'obligation d'inscrire immédiatement chaque poisson noble qu'ils ont capturé dans leur carnet de pêche, remis avec leur permis. Le taux de retour des carnets est d'environ 80% (les 20% de carnets non retournés représentant moins de 10% des prises). Le nombre de truites capturées est connu dès 1979 de manière fiable. Les statistiques de pêche ont été ajustées afin de tenir compte des statistiques non rendues (multiplication par 1.1) et de la perte d'une partie des statistiques de pêche en 1985 conformément à l'analyse faite par BÜTTIKER (1989b).

Repeuplement

Le Flon de Carrouge est repeuplé régulièrement par des truites juvéniles (classe d'âge 0+), réparties sur toute la longueur du cours d'eau. Les truitelles suivantes ont été immergées pendant la période considérée:

De 1980 à 1982: en moyenne 8'900 estivaux par année (en septembre/octobre).

En 1983 et 1984: à titre expérimental pour cette étude, aucun repeuplement.

En 1985: à titre expérimental pour cette étude, 4'892 estivaux marqués par ablation de la nageoire adipeuse (ciseaux). Date d'immersion: 14 octobre. Longueur moyenne (\pm écart-type): 95.7 ± 12.5 mm estimée sur un échantillon de 72 individus.

En 1986: à titre expérimental pour cette étude, 6'625 estivaux marqués au moyen de marques magnétiques non codées, injectées dans le cartilage du museau. Un contrôle ultérieur au marquage (individus gardés pour contrôle en aquarium) a montré que la marque avait été perdue ou pas injectée pour 3 individus sur 110 (2.7%). Le total des poissons immergés et marqués peut donc être estimé à 6'446 individus. Date d'immersion: 1^{er} et 6 octobre. Longueur moyenne (\pm écart-type): 79.3 ± 11.0 mm estimée sur un échantillon de 82 individus.

De 1987 à 1995: 7'500 à 7'900 estivaux par année.

De 1996 à 1999: 5'700 préestivaux chaque année (en juillet).

Données hydrométriques

Les relations éventuelles entre les données hydrométriques et le rendement piscicole (statistiques de pêche) des années 1979 à 1999 ont été analysées. En l'absence de mesures continues de débit dans le Flon de Carrouge, les données hydrométriques journalières mesurées à la station de mesure la plus proche, située dans la Broye à Payerne (Caserne d'aviation; SHGN 1979 à 1998). Cette méthode est basée sur l'hypothèse que les débits journaliers de deux cours d'eau situés dans la même région sont proportionnels. Cette hypothèse se vérifie pour les débits d'étiage (HOHL et MATTHEY 1993). Nous admettons que les régimes hydrauliques de la Broye et de ses affluents sont bien corrélés, le bassin versant étant soumis aux mêmes conditions climatiques.

Les fonctions d'autocorrélation croisée (CCF, programmes SPSS) ont été calculées entre les rendements piscicoles et les paramètres suivants: débit d'étiage annuel Q_{347} (débit atteint ou dépassé pendant 347 jours ou 95% de l'année); débit moyen durant les mois de janvier, février et mars (période critique pour les œufs et les alevins); nombre de jours où le débit atteint ou dépasse $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (crue importante) durant les mois de janvier, février et mars.

RÉSULTATS

Croissance

Les longueurs rétrocalculées sont indiquées dans le tableau 4 pour les cohortes 1981 à 1986. La cohorte 1980, représentée par 3 individus seulement, n'a pas été prise en compte dans ce tableau. Des différences significatives sont décelées entre les longueurs rétrocalculées des truites des différentes cohortes (Test de T , $p < 0.01$ pour les individus de 1 à 3 ans et $p < 0.05$ pour les individus de 4 ans). La longueur a en fait tendance à augmenter de la cohorte 1981 à la cohorte 1986 pour les truites de 2 et 3 ans. La tendance n'est pas aussi claire pour celles de 1 an.

L'analyse de 637 échantillons d'écailles a permis d'estimer 1'102 longueurs rétrocalculées, toutes classes d'âge confondues (tableau 4 colonne « N »). Les paramètres de la fonction de VON BERTALANFFY prennent les valeurs (\pm écart-type) $L_{\infty} = 33.97 \pm 1.82$, $K = 0.375 \pm 0.0375$ et $t_0 = 0.196 \pm 0.0360$; $r^2 = 0.837$.

Le graphique de la figure 2 indique la bonne correspondance entre les longueurs rétrocalculées et les longueurs mesurées. Le modèle de rétrocalcul est donc cohérent. Les longueurs rétrocalculées sont bien décrites par le modèle de croissance de VON BERTALANFFY.

Tableau 4.—Croissance des truites du Flon de Carrouge (longueurs rétrocalculées (cm) ± écart-type). Les longueurs calculées pour tous les échantillons cumulés (y compris cohortes 1980 et 1987) sont indiquées à la colonne «toutes cohortes». Le 95% des poissons ont une longueur comprise entre les limites indiquées dans les colonnes «limites 95%» (quantiles $Q_{0,025}$ et $Q_{0,975}$). La colonne «>22 cm» indique le pourcentage de truites dépassant la dimension minimale de capture de 22 cm à l'âge correspondant.

Age (ans)	Cohortes						Toutes cohortes	Limites 95%		N	>22 cm %
	1981	1982	1983	1984	1985	1986		2.5%	97.5%		
1	8.1 ± 1.5	9.0 ± 1.5	8.7 ± 1.7	8.5 ± 1.7	9.1 ± 1.9	8.8 ± 1.3	8.8 ± 1.7	5.8	12.6	609	0
2	14.8 ± 1.9	16.1 ± 2.1	16.9 ± 1.3	16.9 ± 2.4	17.3 ± 2.4		16.7 ± 2.6	11.9	20.9	374	1
3	20.3 ± 1.9	21.6 ± 2.4	22.1 ± 3.7	23.2 ± 1.8			22.0 ± 3.1	16.8	27.2	97	46
4		25.4 ± 2.4	25.5 ± 1.7				25.9 ± 2.4	20.5	29.6	21	95
5		30.8					30.8			1	100

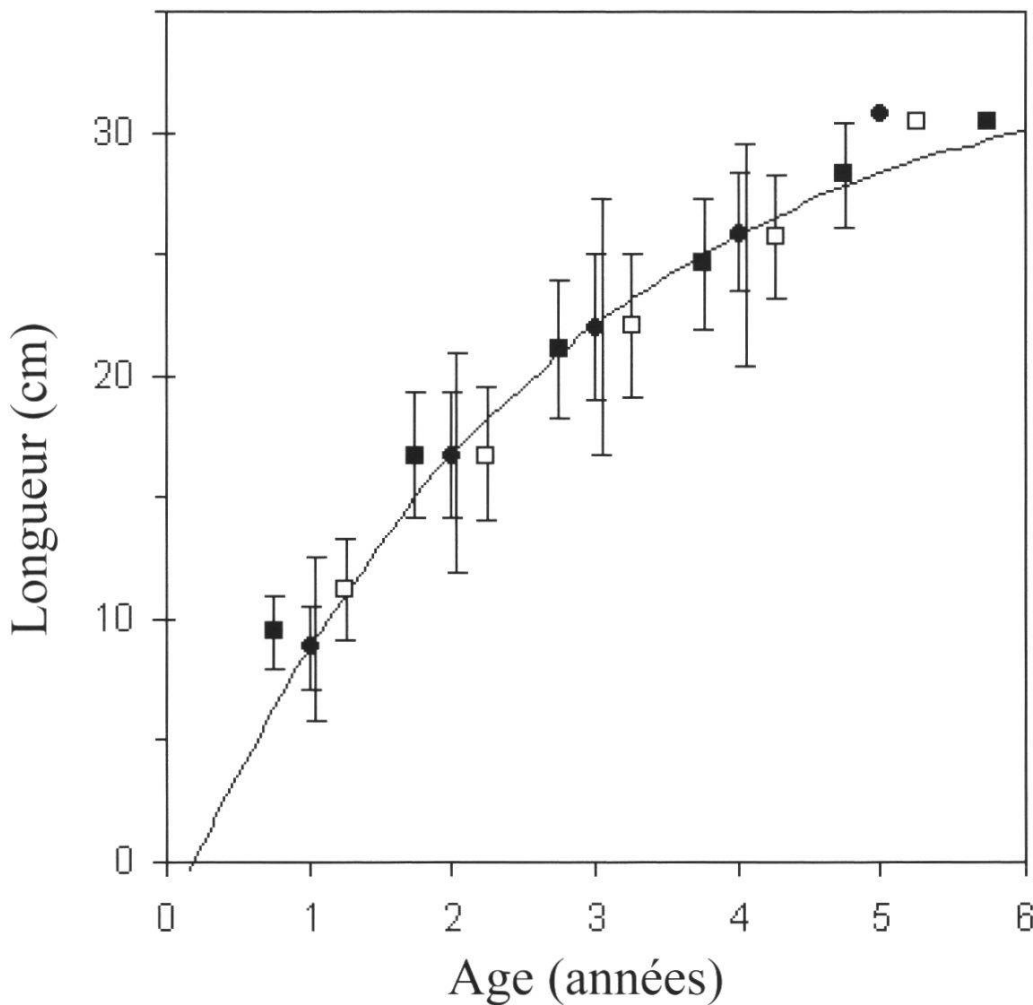


Figure 2.—Longueurs moyennes des truites du Flon de Carrouge par classes d'âge, toutes cohortes confondues. Les barres représentent l'écart-type de chaque moyenne, les barres plus écartées indiquent les limites comprenant 95% des individus de 1 à 4 ans. *Ronds*: moyennes rétrocalculées; *carrés pleins*: moyennes des individus capturés en automne (classes d'âge 0+ à 5+); *carrés blancs*: moyennes des individus capturés au printemps (classes d'âge 1+ à 5+); *courbe*: fonction de VON BERTALANFFY établie à partir des longueurs rétrocalculées.

Maturité sexuelle, fécondité et potentiel de reproduction

Parmi les truites de sexe et de degré de maturité connus (déterminés lors des campagnes d'automne), les résultats suivants ont été trouvés: A l'âge de 2 ans (classe d'âge 1+), 4 mâles étaient immatures et 38 (90,4%) contenaient de la laitance. A l'âge de 3 ans (classe d'âge 2+), 43 mâles étaient matures (95,6%) et deux immatures. Tous les 21 mâles appartenant aux classes d'âge 3+ à 5+ étaient matures.

A l'âge de 2 ans (classe d'âge 1+), aucune femelle (sur 7 individus) n'était mature (œufs bien développés). A l'âge de 3 ans (2+), 18 femelles sur 24 étaient matures (75%). Parmi les 6 femelles de 4 et 5 ans (3+ et 4+), toutes étaient matures.

Parmi les femelles matures, la plus petite avait une longueur 17.8 cm et 14 femelles avaient moins de 20 cm. Chez les mâles, les deux plus petits individus matures avaient une longueur de 13.8 cm et 18 individus avaient une longueur de moins de 17 cm.

En conclusion, les mâles se reproduisent en majorité dès l'âge de 2 ans et les femelles dès 3 ans.

La fécondité estimée sur un échantillon de 11 truites a permis de déterminer que le nombre d'œufs présents dans les ovaires (\pm écart-type) était en moyenne de 2.79 ± 0.58 œufs par g de poisson entier.

Le potentiel de reproduction, soit le nombre d'œufs pondus dans l'ensemble du cours d'eau, est présenté dans le tableau 5. Pour l'estimation du nombre d'alevins par ha, un taux de survie entre œufs et alevins de 80% a été admis.

Tableau 5.—Estimation du potentiel de reproduction des truites du Flon de Carrouge. La biomasse totale des poissons (kg) est reportée pour les campagnes d'automne 1983 à 1987, ainsi que la biomasse des femelles matures.

Année	Âge (années)					Nombre d'œufs		Nombre d'alevins	
	1	2	3	4	5	matures	N	Par m ²	Par m ²
1983	25	308	375	47	0	164	457'748	11.3	9.0
1984	5	173	268	91	17	155	431'715	10.7	8.5
1985	96	135	164	110	19	126	351'552	8.7	6.9
1986	32	252	135	22	24	74	205'708	5.1	4.1
1987	84	151	150	11	7	65	181'888	4.5	3.6

Mortalité et évolution de la population dans le temps

Le nombre total de truites appartenant aux différentes cohortes (tableau 6) présentes dans le Flon de Carrouge, est représenté à la figure 3 en fonction de

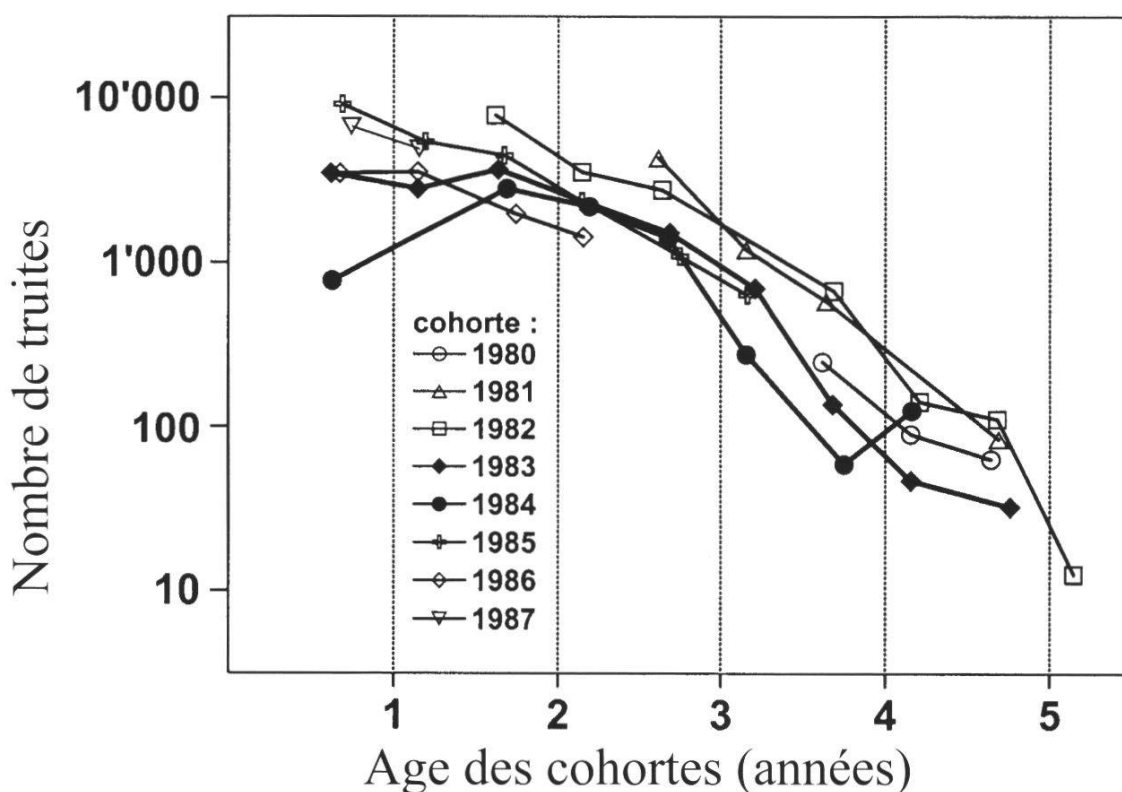


Figure 3—Evolution du nombre de truites des cohortes 1980 à 1987 dans le Flon de Carrouge. Les chiffres indiquent l'année de naissance de chaque cohorte. L'âge est compté à partir du 1^{er} mars (date de «naissance» admise).

l'âge des cohortes. Ce dernier est la différence entre la date de naissance de la cohorte (définie au 1^{er} mars) et la date de chaque inventaire.

Si le taux de mortalité Z (équation 2) était constant au cours du temps, les courbes de la figure 3 seraient des droites de pente Z . Ces pentes augmentent cependant avec l'âge des poissons, indiquant que la mortalité est plus élevée chez les individus plus âgés que chez les plus jeunes. Afin de tenir compte de cette augmentation, les taux de mortalité pour les poissons des classes d'âge 1+ et 2+ (automne) d'une part, ceux des poissons des classes d'âge 3+ (printemps) et supérieures d'autre part ont été déterminés séparément. Les taux moyens (\pm écart-type) suivants ont ainsi été estimés:

—Classe d'âge 1+ à 2+ (automne): $Z=0.77 \pm 0.55$; $N=11$ (taux annuel de survie=46%).

—Classe d'âge 3+ (printemps) et plus âgés: $Z=1.91 \pm 1.54$; $N=17$ (taux annuel de survie=15%).

La différence importante entre le taux de mortalité des truites de moins de 3 ans et de celles de plus de 3 ans ($Z=0.77$ et 1.91 respectivement) peut en partie s'expliquer par l'entrée des poissons dans la pêcherie, qui se fait dans le courant de la troisième année de vie. On peut admettre que le taux de mortalité de 0.77 correspond au taux naturel, non soumis à la pression de pêche. Le taux de mortalité très élevé constaté pour les truites plus âgées entraîne la disparition

Tableau 6.—Nombre et biomasse (en kg) de truites estimés dans le Flon de Carrouge, par cohorte et campagne d'inventaire. *t*: temps en années écoulé à partir du 1^{er} inventaire (automne 1983).

Campagne	<i>t</i>	Cohorte								Total
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	
Nombre										
automne 1983	0.00	251	4'294	7'820	3'506					15'871
printemps 1984	0.53	91	1'194	3'525	2'810					7'621
automne 1984	1.01	63	592	2'789	3'640	780				7'864
automne 1985	2.07		85	678	1'515	2'816	9'174			14'269
printemps 1986	2.58			144	704	2'182	5'404			8'434
automne 1986	3.06			111	140	1'400	4'453	3'492		9'595
printemps 1987	3.47			13	47	280	2'353	3'536		6'229
automne 1987	4.13				32	59	1'101	1'980	6'714	9'886
printemps 1988	4.54					126	651	1'427	4'851	7'055
Biomasse (kg)										
automne 1983	0.00	47	374	308	26					755
printemps 1984	0.53	14	101	168	34					316
automne 1984	1.01	17	91	268	173	5				554
automne 1985	2.07		19	110	164	135	96			524
printemps 1986	2.58			21	74	113	91			299
automne 1986	3.06			24	22	135	252	32		465
printemps 1987	3.47			3	9	38	135	52		237
automne 1987	4.13				7	11	150	151	84	403
printemps 1988	4.54					26	96	94	105	320

rapide des cohortes, dont les individus ne dépassent guère l'âge de 5 ans. En effet, un seul individu de la classe d'âge 5+ a été trouvé durant toutes les campagnes de recensement.

L'évolution du nombre de poissons d'une rivière appartenant à une même cohorte est le résultat de la mortalité naturelle, de la mortalité due à la pêche (après le recrutement), ainsi que des autres pertes dues à l'émigration. Le taux de mortalité *Z* doit donc être compris comme «taux de disparition» des poissons (RICKER 1975). La méthode d'investigation adoptée dans cette étude ne permet pas d'évaluer précisément les pertes dues à l'émigration (avalaison). Il est cependant possible de se rendre compte dans quelle mesure les truites restent sédentaires d'une campagne à l'autre en estimant les taux d'échange *I* (équation 1). Les résultats figurent au tableau 7. Le taux d'échange a été calculé pour trois

Tableau 7.—Taux d'échange I (%) des truites dans les segments 1, 2, 3 et 5 du Flon de Carrouge entre l'automne 1983 et le printemps 1984. Des taux d'échange ont été calculés séparément pour trois classes de taille et pour toutes les tailles, ainsi que pour les cohortes 1981, 1982 et 1983 (classes d'âge 0+, 1+ et 2+ respectivement en automne 1983).

longueur	Campagne automne 1983			Campagne printemps 1984		
	N marqués	Population	% marqués	capturés	% marqués	I (%)
<10 cm	60	92	65.6	39	35.9	45.3
10-19.9	231	289	80.0	152	60.5	24.4
>20 cm	67	78	85.5	25	84.0	1.7
toutes	358	459	78.1	216	58.8	24.7
cohorte 83	60	92	65.5	67	40.9	37.5
cohorte 82	69	88	78.8	56	75.0	4.8
cohorte 81	48	57	84.8	25	84.0	1.0

classes de taille, pour toutes les tailles confondues ainsi que pour les cohortes 1981, 1982 et 1983. Il ressort de ce tableau que le taux d'échange est plus important pour les petites et jeunes truites, les plus âgées étant essentiellement sédentaires.

Lors des campagnes de printemps et d'automne 1984, 100 m de rivière ont été pêchés juste en aval du segment 5. Au printemps 1984, aucune truite dont une nageoire ventrale avait été coupée (VC) n'a été capturée dans cette portion de rivière. Seul un individu VC a été retrouvé sur 50 capturés en automne 1984. Ces résultats indiquent que les truites inventoriées en automne 1983 sont restées fidèles à un site précis, si elles n'ont pas quitté la rivière. Elles ne se sont pas simplement dispersées dans la rivière. Le taux d'échange étant relativement élevé chez les jeunes truites, l'importance de la dévalaison ne semble pas être négligeable pour cette catégorie.

Le nombre et la biomasse ont tendance à baisser au cours de la période d'étude pour l'ensemble de la rivière (figures 4A et B). Cependant, la population du secteur moyen (segment 5, réserve de pêche) est restée plus stable.

Taille critique et dimension minimale de capture

Plusieurs approches sont proposées dans la bibliographie pour déterminer la dimension minimale de capture:

—*Taille critique*: Les données du tableau 8 indiquent que l'accroissement de la biomasse des truites est compensé par les pertes dues à la mortalité ($Z=G$) lorsque les poissons sont dans leur 3^{ème} année de vie ($Z=0.77$ et $G=0.78$ en moyenne pour toute cette période). Durant cette saison, leur longueur moyenne

passé de 16.7 à 22.1 cm. Par conséquent et à condition que le recrutement soit assez important pour que la population de truites puisse se renouveler sans pertes d'individus et de biomasse, le rendement de la pêche exprimé en poids de poissons capturés serait optimal si la dimension minimale de capture était fixée à la taille critique, soit entre 16.7 et 22.1 cm ou plus précisément vers 20 cm.

Tableau 8.—Taille critique des truites du Flon de Carrouge. $L_{(-1)}$, $L_{(0)}$ =longueurs rétrocalculées aux deux derniers annuli respectivement; G =taux instantané de croissance; L_{moy} =longueur moyenne durant la période de croissance considérée, calculée selon la formule de VON BERTALANFFY. La taille critique est atteinte lorsque $G=Z$, donc entre 2 et 3 ans ou pour une taille située entre 16.7 et 22.1 cm.

Age (années)	$L_{(-1)}$ (cm)	$L_{(0)}$ (cm)	L_{moy} (cm)	G	Z
0 à 1		9			
1 à 2	8.7	16.8	8.8 à 16.7	1.84	0.77
2 à 3	16.7	22.0	16.7 à 22.1	0.78	0.77
3 à 4	22.0	25.8	22.1 à 25.8	0.45	1.91

—*Protection des reproducteurs*: TESCH (1963) propose une solution empirique. La dimension minimale de capture pour un stock à forte croissance correspond à la longueur moyenne atteinte par les femelles à la maturité sexuelle plus la moitié de l'accroissement des poissons au cours de la période de croissance suivante. Selon cette approche, la dimension minimale devrait donc être fixée pour le Flon de Carrouge à $22 \text{ cm} + 2 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$ (Tableau 4 colonne "toutes cohortes" pour les longueurs moyennes).

Rendement piscicole

Entre 1979 et 1999, le nombre de poissons capturés par année dans le Flon de Carrouge varie entre moins de 600 en 1986, 1989 et 1990 et plus de 1'000 en 1981 et 1994 (figure 4C). Ces statistiques de pêche ont été comparées à celles de la Bressonne et de la Mérine, deux autres rivières de la même région (l'emplacement de la Bressonne et de la Mérine est indiqué à la figure 1). La corrélation est positive entre les trois rivières, significative entre le Flon et la Bressonne (Rho de SPEARMAN=0.62; $p<0.01$), mais non significative entre le Flon et la Mérine (Rho de SPEARMAN=0.33).

Aucune corrélation significative n'est trouvée entre le nombre ou la biomasse de truites présentes dans le Flon de Carrouge de 1983 à 1988 (figures 4 A et B) et le rendement de la pêche (figure 4C) pendant ces mêmes années.

Les statistiques de pêche ont été comparées aux données hydrométriques provenant de la station de mesure de Payerne, sur la Broye. Le Flon de

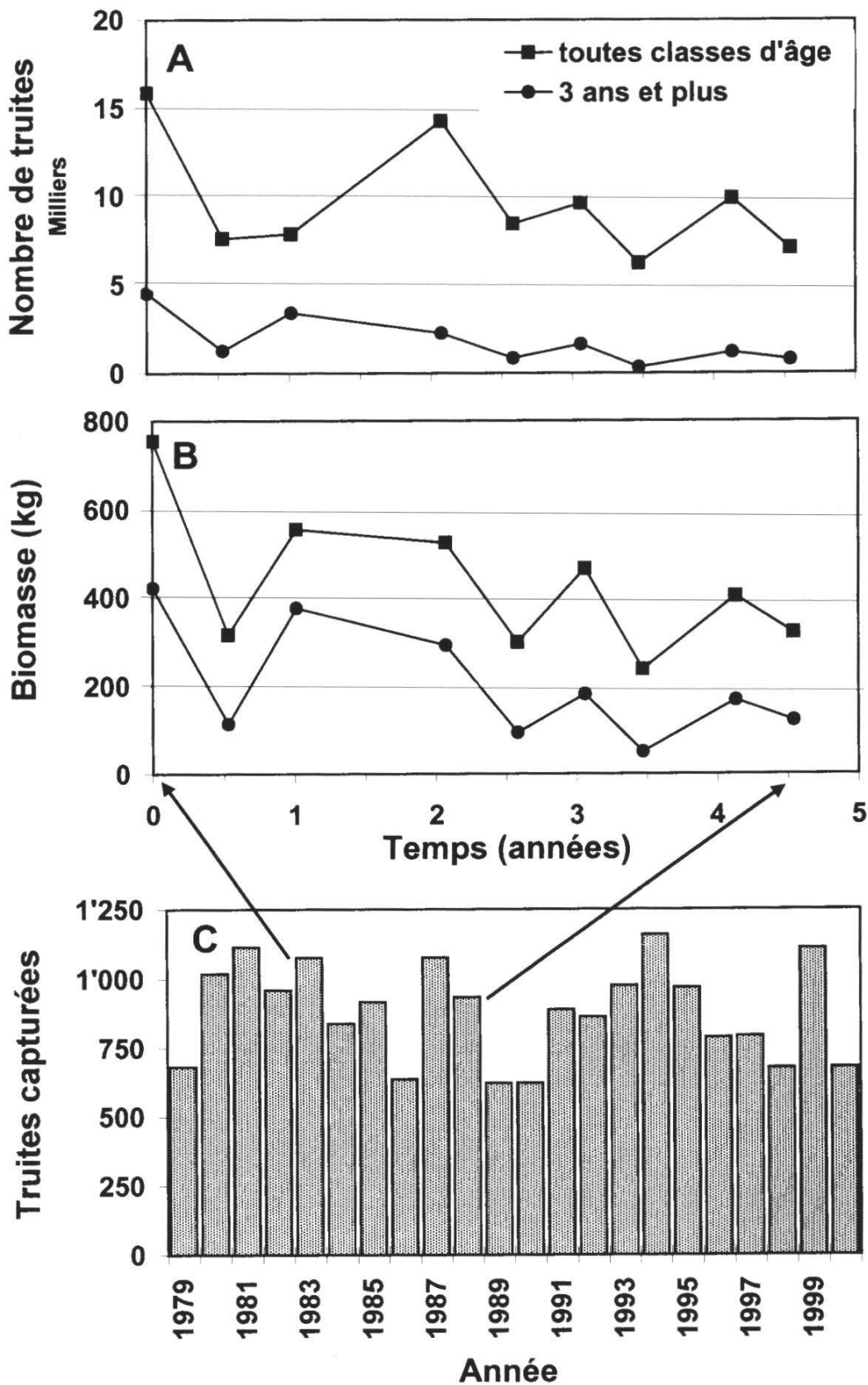


Figure 4.—Évolution de la population de truites dans le Flon de Carrouge.
 A: Nombre. B: Biomasse. Les graphiques A et B montrent l'évolution de la population entière ainsi que de celle des classes d'âge de 3 ans et plus; l'échelle du temps correspond au temps écoulé (années) depuis la première campagne (temps 0=13 octobre 1983).
 C: Nombre de truites pêchées de 1979 à 1998.

Carrouge, la Bressone et la Mérine étant toutes situées dans la même région que la Broye et proches de la station de Mesures de Payerne, on peut donc considérer que leur régime hydraulique est étroitement corrélé.

L'analyse d'autocorrélation présentée à la figure 5 A révèle qu'il existe une corrélation significative entre le rendement piscicole et le Q_{347} (débit atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, utilisé comme valeur du débit d'étiage) sans décalage de temps. Le débit d'étiage exerce par conséquent une influence directe sur le rendement piscicole durant l'année en cours, indépendamment du nombre de truites vivant dans la rivière.

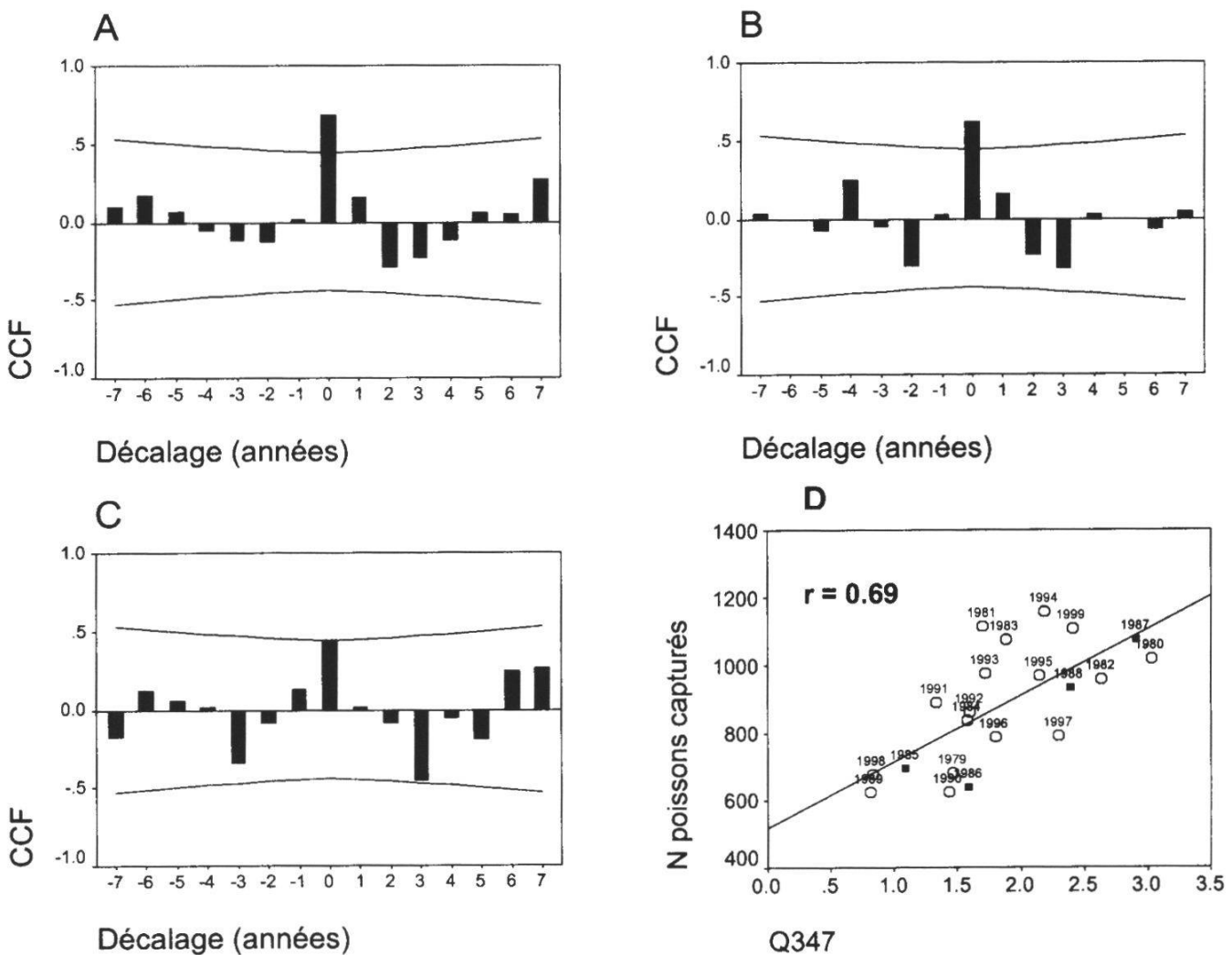


Figure 5.—Relation entre les débits d'étiage annuels (Q_{347}) mesurés dans la Broye à la station de Payerne et les statistiques de pêche de la truite dans le Flon de Carrouge.

A: Fonctions d'autocorrélation croisées (CCF) pour le Flon de Carrouge, B: CCF pour la Bressone, C: CCF pour la Mérine. Les lignes représentent les limites de signification supérieure et inférieure des coefficients de corrélation ($P=0.05$). D: Relation entre le débit d'étiage Q_{347} (m^3/s ; mesuré dans la Broye) et le nombre de truites pêchées dans le Flon de Carrouge.

La relation entre le nombre de truites pêchées dans le Flon de Carrouge et le Q_{347} de la Broye est représentée à la figure 5 D. Le coefficient de corrélation $r=0.69$ est hautement significatif (48% de la variance du rendement piscicole est expliquée par le débit d'étiage). Dans la Bressonne et dans la Mérine, la statistique de pêche est également corrélée avec le débit Q_{347} (figures 5 B et C), confirmant ainsi ce résultat.

Aucune corrélation significative entre les statistiques de pêche et les autres données hydrométriques examinées n'a par contre pu être décelée. Il semble en particulier que les hivers (janvier à mars) des années où les crues sont fréquentes n'ont pas d'impact significatif sur le développement des juvéniles, comme on pourrait s'y attendre. En effet, ces hivers ne sont pas suivis, 2 à 4 années plus tard, d'une baisse de rendement piscicole. Tel serait pourtant le cas si les œufs et les jeunes alevins étaient détruits par des crues fréquentes et si, à l'inverse, les hivers caractérisés par des débits plus constants donnaient naissance à des cohortes plus nombreuses.

Reproduction naturelle et efficacité du repeuplement

En 1993 et 1994, le Flon de Carrouge n'a pas été repeuplé. Les truites de ces deux cohortes présentes dans la rivière sont donc issues exclusivement de la reproduction naturelle. Les deux années suivantes, en 1985 et 1986, toutes les truitelles immergées ont été marquées, ce qui permet de les distinguer de celles issues de la reproduction naturelle.

Les longueurs moyennes des truites issues de la reproduction naturelle et du repeuplement, de même que les pourcentages des truites issues du repeuplement (individus marqués) retrouvées lors des pêches d'inventaires, sont indiquées au tableau 9.

Pour les deux cohortes, ces pourcentages diminuent fortement avec l'âge des poissons, indiquant que les truites de repeuplement ont un taux de mortalité (ou de disparition) supérieur à celui des truites issues de la reproduction naturelle. Il ressort également de ce tableau que la croissance des truites de repeuplement est supérieure à celle des truites issues de la reproduction naturelle.

Sur la base des abondances présentées dans le tableau 6, l'abondance moyenne des truites appartenant aux cohortes 1980 à 1987 a été calculée pour chaque classe d'âge (tableau 10).

Les abondances de chaque cohorte ont été comparées à ces moyennes et exprimées en pour cent de l'abondance moyenne. L'importance des cohortes 1983 et 1984 n'atteint que 68 et 61% de l'abondance moyenne respectivement. Ce résultat indique que les deux générations issues de la seule reproduction naturelle sont moins abondantes que la plupart des autres générations. Seule la cohorte 1986 a une abondance comparable à celle des années 1983 et 1984 (67% de l'abondance moyenne). Les pourcentages des 5 autres cohortes varient entre 91 et 177% de la moyenne.

Tableau 9.—Longueurs moyennes (longueurs mesurées corrigées \pm écart-type) des truites marquées (issues du repeuplement) et non marquées (issues de la reproduction naturelle) dans le Flon de Carrouge. % marquées = pourcentage des truites marquées de chaque cohorte et pour chaque classe d'âge. N = nombres corrigés en fonction de la sélectivité de la pêche électrique (arrondis).

Campagne	cohorte 1985					cohorte 1986				
	âge	marquées	non marquées	% marquées	N	âge	marquées	non marquées	% marquées	N
Automne 85	0+	10,0 \pm 1,34	8,7 \pm 1,69	68,4	524					
Printemps 86	1+	12,7 \pm 1,56	10,4 \pm 1,84	44,7	313					
Automne 86	1+	18,3 \pm 1,92	16,3 \pm 3,09	37,5	229	0+	8,9 \pm 1,33	9,1 \pm 1,23	76,9	120
Printemps 87	2+	19,2 \pm 2,12	17,8 \pm 2,72	27,7	134	1+	11,3 \pm 1,78	10,0 \pm 2,10	70,3	177
Automne 87	2+	24,6 \pm 1,62	23,2 \pm 2,78	21,1	59	1+	20,0 \pm 2,25	19,0 \pm 1,94	42,7	97
Printemps 88	3+	24,6 \pm 0,55	24,3 \pm 2,33	21,1	21	2+	20,2 \pm 2,01	17,7 \pm 2,85	22,2	52

Tableau 10.—Abondance relative des cohortes 1980 à 1987 de truites du Flon de Carrouge, exprimée en pourcents de l'abondance moyenne.

Classe d'âge et saison	Abondance moyenne	Abondance relative (%) par cohorte							
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0+ automne	4'733				74.1	16.5	193.8	73.8	141.8
1+ printemps	4'150				67.7		130.2	85.2	116.9
1+ automne	4'142			188.8	87.9	68.0	107.5	47.8	
2+ printemps	2'372			148.6		92.0	99.2	60.2	
2+ automne	2'220		193.4	125.6	68.2	63.1	49.6		
3+ printemps	707		168.8		99.5	39.6	92.0		
3+ automne	261	96.4	227.3	260.3	53.7	22.6			
4+ printemps	102	89.2		141.2	46.1	123.5			
4+ automne	73	86.6	116.8	152.6	44.0				
Moyenne :		90.7	176.6	169.5	67.7	60.8	112.1	66.7	129.4
Rang :		5	1	2	6	8	4	7	3

Il est difficile de vérifier l'efficacité du repeuplement par la statistique de pêche, à cause des importantes fluctuations du rendement piscicole. La majorité des truites atteignent dans le Flon de Carrouge la dimension minimale de capture (22 cm) dès l'âge de 3 ans. L'absence de repeuplement en 1983 et 1984 devrait donc influencer le rendement piscicole en 1986 et 1987, éventuellement aussi en 1985 et 1988 (âges 2+ à 4+). Certes, le rendement (figure 4C) est faible en 1986 (environ 75% de la moyenne des années 1981 à 1991), mais il marque la fin d'une baisse générale, observée dès 1984 déjà. Il est de nouveau très bon (environ 25% au-dessus de la moyenne) en 1987. Le faible rendement des années 1989 et 1990 ne peut par contre plus être expliqué par l'absence de repeuplement en 1983 et 1984. Par ailleurs, il ressort du graphique de la figure 5D que, pour la période 1985 à 1988 (carrés noirs), seul le rendement piscicole de 1986 est situé nettement en dessous de la droite de régression. Il est par conséquent inférieur à la valeur de prédiction. Les points représentant les années 1985, 1987 et 1988 sont proches de la droite et ne semblent donc pas être abaissés suite à un manque de recrutement. Enfin, les fluctuations du rendement piscicole, notamment la baisse de rendement vers 1985/1986 et vers 1989/1990, s'observent également dans la Bressonne et dans la Mérine, rivières de la même région dans lesquelles le repeuplement a été effectué sans interruption. Il ressort de ces constatations que la faiblesse des cohortes 1983 et 1984 peut s'expliquer par les fluctuations normales de la population et ne découle pas forcément de l'absence de repeuplement.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Croissance et mortalité

Comparée à celle d'autres populations de truites sédentaires des rivières suisses, la croissance des truites du Flon de Carrouge est considérée comme moyenne (STAUB 1986). Elle correspond assez bien à celle observée par BÜTTIKER (1984) dans le Greny, petite rivière artificielle dérivant des eaux de la Versoix et qui se jette dans le Léman, puisque la longueur asymptotique L_{∞} y a été estimée à 33.7 cm. Elle est un peu inférieure à celle indiquée par CHAMPIGNEULLE *et al.* (1988) pour les truites sédentaires du Redon, autre petit affluent du lac Léman. Elle est par contre supérieure à celle de la Cerjaulle, petit affluent de la Broye. La longueur asymptotique L_{∞} a été estimée à 24.1 cm pour les truites de cette rivière (BÜTTIKER, données non publiées relevées en 1983 et 1984). La croissance des truites du Flon de Carrouge peut être considérée comme moyenne par rapport à celle des populations analysées par BEAUDOU et CUINAT (1990) dans 166 stations réparties dans 70 cours d'eau du Massif Central français. La longueur à l'âge de 3 ans de ces truites variait de 14,8 à 27,8 cm, alors que les truites du même âge ont 22,0 cm dans le Flon de Carrouge.

Cette croissance intermédiaire correspond aux caractéristiques de la rivière, tant en ce qui concerne sa taille que sa situation sur le Plateau suisse. Il est difficile d'expliquer les différences de croissance entre les cohortes (tableau 4). BAGLINIERE et MAISSE (1990) ont également constaté des différences du taux de croissance relativement importantes chez la truite du bassin du Scorff (Bretagne, France). Selon ces auteurs, il existe une relation complexe entre la croissance et le milieu. La croissance y est corrélée positivement avec la température et négativement avec la densité de la population de truite. Plus récemment, BOHLIN et al. (2002) mettent également en évidence une diminution de la croissance des truites lorsque la densité de la population augmente. La présente étude ne permet pas de mettre clairement en évidence les effets du milieu et de la densité. Cependant, l'augmentation dans le temps de la longueur rétrocalculée observée chez les truites de 2 et 3 ans (tableau 4) pourrait être liée à la diminution de la biomasse observée entre 1983 et 1988. En effet, les coefficients de corrélation entre la biomasse de truites présentes dans la rivière entre l'automne 1983 et 1987 et la longueur des truites de 2 et 3 ans prennent les valeurs de -0.99 et 0.96 respectivement. Mais, bien que hautement significatifs, ces coefficients de corrélation devraient néanmoins être vérifiés par des séries de données plus longues.

Le taux de mortalité instantanée Z constaté dans cette étude est du même ordre de grandeur que les taux pour d'autres rivières à truites. Par exemple, le taux de mortalité des truites, dans leur 2^e et 3^e année, a été estimé à 60% (correspondant à $Z=0.92$) dans les cours d'eau bretons du bassin du Scorff (MAISSE et BAGLINIERE 1991). Ces auteurs ont constaté des taux encore nettement plus élevés chez les truites plus âgées.

Reproduction

Les études menées pour tenter de déterminer l'âge de la maturité sexuelle chez la truite ont montré que les mâles commencent à se reproduire vers l'âge de 2 ans (90.4% des mâles sont matures) et les femelles dès 3 ans (75% des femelles sont matures). Ces résultats sont en accord avec ce qui est en général constaté chez les truites sédentaires (MAISSE et BAGLINIERE 1991). Selon ces auteurs, une maturation précoce des mâles et des femelles, une année plus tôt, est cependant possible pour des individus à faible croissance en 0+.

Emigration et immigration

Les faibles taux d'échange des truites de plus de 20 cm de longueur (tableau 7) déterminés dans cette étude indiquent que les truites adultes du Flon de Carrouge sont essentiellement sédentaires. Il est toutefois vraisemblable que les truites matures effectuent des déplacements plus importants en

période de reproduction, mais reviennent à leur site habituel par la suite. Les résultats des suivis de truites adultes par télémétrie trouvés dans l'Aisne (Belgique) par OVIDIO (1999) confirment que les géniteurs retournent dans leur domaine vital après la reproduction. Ces mêmes résultats ont été constatés par CARLINE (2001), selon qui les truites adultes seraient très fidèles à leur habitat d'origine.

Taille minimale de capture

La longueur minimale de capture était fixée à 22 cm durant toute la période 1979 à 1999, prise en considération dans cette étude. Elle correspond à la longueur moyenne des truites de 3 ans. A cet âge, 46% des truites dépassent la longueur de 22 cm (tableau 4) et 75% des femelles atteignent leur maturité sexuelle.

En Suisse et en France, il est courant de fixer la taille minimale de capture des poissons de manière à protéger une majorité des individus immatures (BEAUDOU et CUINAT 1990). Si ce critère devait être appliqué pour les truites du Flon de Carrouge, la dimension minimale devrait être augmentée à environ 28 cm, donc très au-delà de la taille critique. Une telle mesure de protection entraînerait une diminution considérable du rendement piscicole. Il est d'ailleurs probable que la longévité de la truite sédentaire des petits cours d'eau est limitée et ne dépasse guère 5 ans. En effet, les truites les plus âgées constatées dans cette étude appartenaient à la classe d'âge 4+, à l'exception d'un seul individu de 5 ans. Aucun individu plus âgé n'ayant été trouvé dans la réserve de pêche, nous devons admettre que la disparition rapide des truites dès l'âge de 3 ans ne s'explique pas uniquement par la pression de pêche, mais aussi par un taux de mortalité naturelle élevé et éventuellement par l'émigration. Par conséquent, en fixant une taille minimale trop élevée, les truites disparaîtraient en majorité par mortalité naturelle, ou éventuellement par émigration, avant d'avoir atteint la dimension minimale de capture. Inversement, si la pêche était autorisée dès la taille critique (environ 20 cm), le potentiel de reproduction de la population de truites serait diminué de manière à pouvoir entraîner un déclin de la population.

La dimension de capture optimale est donc un compromis qui tient compte de la vitesse de croissance, de la mortalité naturelle et du potentiel de reproduction des poissons. Dans toutes les rivières du Plateau et du Jura vaudois, la dimension minimale de capture a été augmentée à 24 cm dès l'an 2000. Pour le Flon de Carrouge, cette taille minimale correspond à la solution empirique de TESCH (1963). Cet auteur propose de fixer la dimension de capture à la taille moyenne atteinte à l'âge de la première reproduction, plus un demi-accroissement annuel. Dans le cas de notre rivière, cette nouvelle dimension minimale permettra probablement d'augmenter le potentiel de reproduction

sans diminuer le succès de la pêche de manière trop importante. Afin d'éviter de fausser les résultats du fait de l'introduction de la nouvelle dimension minimale, la statistique de la pêche de l'année 2000 (618 truites pêchées, figure 4C) n'a pas été utilisée pour le calcul de corrélation avec les débits. Ce chiffre représente le rendement le plus faible en nombre de toute la période considérée. Des conclusions probantes ne pourront cependant être tirées qu'avec un recul de plusieurs années.

Rendement de la pêche et évolution de la population dans le temps

Les statistiques de pêche constituent un outil de valeur pour les gestionnaires et sont souvent utilisées pour vérifier l'état des populations de poissons. Cette étude indique qu'il est important d'interpréter ces données avec prudence. Il ressort en effet de nos résultats que le nombre de poissons capturés dans une eau ne dépend que partiellement de la population en place. Ce nombre est également tributaire des facteurs environnementaux agissant sur la pression de pêche, notamment le régime hydraulique. Ainsi, les fluctuations observées à court terme peuvent parfois être importantes, mais ne reposent pas nécessairement sur des variations de stocks de poissons. L'effet positif du débit d'étiage sur le rendement piscicole s'explique probablement par le comportement des truites, qui disposent d'un surplus de nourriture pendant les années chaudes et sèches. Il est plus difficile de capturer ces poissons, peut-être parce qu'ils ont tendance à se cacher. Les pêcheurs à la ligne observent d'ailleurs qu'il est plus difficile de capturer des truites pendant les années sèches (Gilbert Lang et Charles Dutruy, comm. pers.). Les prises étant plus difficiles, les pêcheurs évitent de pêcher dans ces petits cours d'eau, ce qui diminue encore l'effort de pêche. Cet effet du débit d'étiage ne s'exerce que sur le nombre de poissons pêchés, et non sur la population présente dans la rivière. Ce constat est partagé par BARAN *et al.* (1993) qui ont relevé que la biomasse et la densité de la truite (*Salmo trutta*) ne semblent pas liés à l'hydraulicité, mais plutôt aux variables physico-chimiques telles que la température mensuelle maximale (pour une gamme allant de 10 à 16°C), la conductivité électrique, l'altitude ainsi que la qualité de l'habitat physique (surface d'abris, vitesse de fond, profondeur, rapport largeur/profondeur, pente). Les truites de différentes classes d'âges ne sont pas influencées de la même manière par ces facteurs.

Aucune tendance du rendement piscicole ne peut être décelée durant toute la période d'étude, la moyenne était de 800 truites capturées par année. En admettant que le poids moyen des truites capturées dans les petits cours d'eau du canton de Vaud est de 166 g (BÜTTIKER 1989a), on peut évaluer le poids des poissons capturés à 133 kg en moyenne annuelle. La biomasse moyenne observée lors des inventaires réalisés est de 430 kg environ, soit 3.2 fois plus que le rendement piscicole. Cette proportion correspond au rapport entre le

rendement piscicole de la truite de rivière et la biomasse, estimé à 1:3 selon les réflexions théoriques faites par STAUB (1986) pour une pression de pêche élevée. Les estimations de biomasse dans le Flon de Carrouge sont donc plausibles, bien que les inventaires n'aient été réalisés que sur une portion de rivière totalisant entre 400 et 1'100 m de longueur sur 14.7 km de rivière piscicole.

Dans le cadre d'une étude sur les causes de la diminution du rendement piscicole réalisée en 1997 dans 36 cours d'eau suisses, ESCHER (1999) a exposé des œufs de truites de rivière dans le Flon de Carrouge en amont et en aval de la station d'épuration (STEP) de Vulliens. Le développement des œufs était jugé «très bon» en amont (87% d'œufs viables au stade embryonné) et «bon» en aval (77%) de la STEP. Cet auteur conclue donc que cette STEP n'a pas d'effet négatif significatif sur le développement embryonnaire de la truite. Le taux d'émergence de 80% admis dans notre étude pour le potentiel de reproduction est donc plausible, mais représente plutôt une valeur minimale lorsque les conditions sont bonnes (voir discussions dans ELLIOTT (1994) et HAUNSCHMID et KOZAK (1997)).

Les résultats de la présente étude indiquent que la reproduction naturelle suffirait à elle seule pour maintenir une population de truites viable dans le Flon de Carrouge. Il se peut cependant que le repeuplement contribue à augmenter le rendement piscicole notamment lorsque les conditions sont mauvaises pour la reproduction et le développement en milieu naturel. La densité d'œufs pondus par les truites dans le Flon de Carrouge (tableau 5) est en effet bien au-dessous des 77 œufs/m² indiqués par ELLIOTT (1994) pour une population de truites équilibrée dans le Black Brows Beck (Angleterre du Nord-Ouest). La durée de deux ans sans repeuplement s'avère cependant insuffisante pour vérifier quelle est la contribution du repeuplement artificiel sur le rendement piscicole. Des essais à plus long terme permettraient d'analyser l'influence du repeuplement indépendamment des autres facteurs qui sont à l'origine des fluctuations de rendement.

Ces mêmes constatations ont été faites par LAIKRE *et al.* (1999) en tenant compte d'une analyse des données bibliographiques; d'après les études menées sur les interactions génétiques entre les truites sauvages et les truites domestiquées (issues du repeuplement), il apparaît que l'introduction de truites domestiquées n'a pas contribué à la réhabilitation de la population. Le repeuplement, censé servir à la conservation de l'espèce, tendrait plutôt à améliorer le rendement piscicole. Selon différentes études (LAIKRE *et al.* 1999, POTEAUX *et al.* 1998), il semblerait même qu'il y ait une sélection naturelle à l'encontre des truites domestiques et d'individus hybrides. Ces mêmes constatations ont été faites par ALMODOVAR *et al.* (2001) dans une étude récente. Ces auteurs démontrent que le repeuplement vise seulement à augmenter le rendement immédiat de la pêche. Ainsi les truites issues d'élevage

seraient vraisemblablement plus sensibles à la pêche que les truites sauvages (GARCIA-MARIN *et al.* 1998). Par conséquent, si le seul but est de soutenir la pêche, le repeuplement devrait être répété tous les ans. Il apparaît également, selon ALMODOVAR *et al.* (2001), que les truites issues d'écloseries ont un taux de reproduction ou de survie plus faible que les truites sauvages, résultat qui ressort également du tableau 9 de la présente étude. En définitive selon ces auteurs, les lâchers de conservation avec des truites locales devraient être considérés comme une situation provisoire. Les facteurs responsables du déclin de la population devraient être identifiés et des méthodes alternatives telles que la restauration des habitats ou une gestion durable des populations sauvages devraient selon eux être envisagées d'abord.

Nous constatons donc que les variations du rendement piscicole observées ne s'expliquent ni par les variations de la biomasse ou du nombre de truites présentes dans la rivière de 1983 à 1988, ni par les variations de l'effort de repeuplement. Par contre, le rendement est significativement corrélé au débit d'étiage de la rivière. Ce résultat s'explique par le fait que le rendement de la pêche dépend essentiellement des conditions abiotiques qui ont une incidence sur la capture des poissons. Une grande prudence est par conséquent requise lorsque l'on utilise les statistiques de pêche pour expliquer l'évolution des populations piscicoles présentes dans une rivière, notamment lorsqu'il s'agit d'interpréter des variations de rendement à court terme.

REMERCIEMENTS

Les équipes composées de gardes-pêche permanents et auxiliaires et de pêcheurs bénévoles, dirigées par les gardes permanents Messieurs J.-A. Benz, G. Lang et Ch. Sigrist ont effectué les pêches électriques et la manipulation des poissons. Monsieur G. Lang a par ailleurs participé au travail de terrain pour réaliser l'inventaire écomorphologique. Madame G. L'Eplattenier et Monsieur Olivier Reymond ont participé aux relevés sur le terrain et à la préparation du matériel en laboratoire. Le Dr. J.-F. Rubin et ses étudiants de l'Université de Lausanne ont participé aux campagnes de prélèvement en novembre 1985. Les déterminations d'âge et la mensuration des écailles ont été faites par Mme Elsbeth Büttiker et Messieurs Julius Bel et Patrick Durand. Les remarques critiques de Mme Najla Naceur ont permis d'améliorer le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMODOVAR A., SUAREZ J., NICOLA G.G. and NUEVO M., 2001. Genetic introgression between wild and stocked brown trout in the Douro River basin, Spain. *Journal of Fish Biology* 59 (supplement A): 68-74.
- ARRIGNON J., 1991. Aménagement piscicole des eaux douces. Paris, Lavoisier.
- BARAN P., DELACOSTE M., LASCAUX J.M. et BELAUD A., 1993. Relations entre les caractéristiques de l'habitat et les populations de truites communes (*Salmo trutta* L.) de la vallée de la Neste d'Aure. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 331: 321-340.
- BAGLINIERE J.L. et MAISSE G., 1990. La croissance de la truite commune (*Salmo trutta* L.) sur le bassin du Scorff. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 318: 89-101.

- BARTLETT J.R., RANDERSON P.F., WILLIAMS R. and ELLIS D.M., 1984. The use of analysis of covariance in the back-calculation of growth in fish. *J. Fish Biol.* 24: 201-213.
- Beaudou D. et Cuinat R., 1990. Relation entre croissance de la truite commune, *Salmo trutta fario* L., et caractéristiques du milieu, dans les rivières du Massif Central. *Bull. Fr. Pêche Piscic* 318: 82-88.
- BOHLIN T., HAMRIN S., HEGGBERGET T.G., RASMUSSEN G. and SALTVEIT S.J., 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- BOHLIN T., SUNDSTRÖM L.F., JOHNSON J.I., HÖJESJÖ J. and PETTERSON J., 2002. Density-dependent growth in brown trout: effects of introducing wild and hatchery fish. *J. Animal Ecology* 71: 683-692.
- BÜTTIKER B., 1984. Inventaire et estimation du rendement piscicole d'un ruisseau à truites: Le Greny. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 77.2: 119-134.
- BÜTTIKER B., 1989a. Analyse de la pêche de la truite (*Salmo trutta*) dans les rivières du canton de Vaud (Suisse). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 79.3: 161-170.
- BÜTTIKER B., 1989b. Production piscicole et succès du repeuplement de la truite dans les rivières du canton de Vaud (Suisse). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 79.4: 285-300.
- BÜTTIKER B., 1992. Electrofishing results corrected by selectivity functions in stock size estimates of brown trout (*Salmo trutta* L.) in brooks. *Journal of Fish Biology* 41: 673-684.
- CARLINE R.F., 2001. Effects of high-frequency Pulsed DC electrofishing on a wild brown trout population. *North American Journal of Fisheries Management* 21: 571-579.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., MAISSE G., BAGLINIERE J.L., GILLET C. et GERDEAUX D., 1988. Premières observations sur la population de truite (*Salmo trutta* L.) dans le Redon, un petit affluent-frayère du lac Léman. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 310: 59-76.
- ELLIOTT J.M., 1994. Quantitative ecology and the Brown Trout. Oxford University Press, Oxford.
- ESCHER M., 1999. Einfluss von Abwassereinleitungen aus Kläranlagen auf Fischbestände und Bachforelleneier. *Mitteilungen zur Fischerei no. 61*, Berne (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage).
- FANCIS R.I.C.C., 1990. Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology* 36: 883-902.
- GARCIA-MARIN J. L., SANZ L. and PLA C., 1998. Proportions of native and introduced brown trout in adjacent fished and unfished Spanish rivers. *Conservation Biology* 12: 313-319.
- HAUNSMID R. und KOZAK D., 1997. Oekologische Untersuchungen an Bachforellen (*Salmo trutta f. fario*) ausgewählter Gewässer im westlichen Mühlviertel (Oberösterreich). I. Wildfischbestand. *Oesterreichs Fischerei* 50: 155-164.
- HOHL Ph. et MATTHEY F., 1993. Détermination des paramètres d'étiage-pratique vaudoise. Rapport interne du Service des eaux et de la protection de l'environnement.
- HUET M., 1949. Appréciation de la valeur piscicole des eaux douces. Travaux de la Station de recherche de Groenendaal, sér. D, 10. 55 p.
- HUET M., 1959. Profiles and biology of western european streams as related to fish management. *Trans. Amer. Fisheries Soc.* 88 :155-163.
- LAIKRE L., ANTUNES A., APOSTOLIDIS A., BERREBI P., DUGUID A., FERGUSON A., GARCIA-MARIN J.L., GUYOMARD R., HANSEN M., HINDAR K., KOLJONEN M.-L., LARGIADER C., MARTINEZ P., NIELSEN E.E., PALM S., RUZZANTE D., RYMAN N. and TRIANTAPHYLIDIS C., 1999. Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the Concerted action on identification management and exploitation of genetic resources in brown trout (*Salmo trutta*). ("Troutconcert"; EU FAIR CT97-3882). <http://www.dfu.min.dk/ffi/consreport/index.htm>
- LANG C., 1998. Qualité biologique de 29 rivières vaudoises en 1997 indiquée par la diversité du zoobenthos. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 86.1: 61-71.

- LANG C., 2000. Diversité du zoobenthos dans 47 rivières du canton de Vaud: tendance 1989–1997. *Rev. Suisse Zool.* 107: 107-122.
- MAISSE G. et BAGLINIERE J.L., 1991. Biologie de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans les rivières françaises. In *La truite, biologie et écologie*, BAGLINIERE J.L. et MAISSE G., (Eds.), INRA, Paris, 25-45.
- OFEFP (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage), 1998. Méthode d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse: écomorphologie–niveau R. *Informations concernant la protection des eaux*, n° 27.
- OVIDIO M., 1999. Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo trutta* L.) adulte: étude par radio-pistage dans un cours d'eau de l'Ardenne belge. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 352: 1-18.
- POTEAUX C., BEAUDOU D. and BERREBI P., 1998. Temporal variations of genetic introgression in stocked brown trout populations. *Journal of Fish Biology* 53: 701-713.
- RICKER W.E., 1973. Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 409-434.
- RICKER W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191, Ottawa. 382 p.
- SEBER G. A. F. (1973). *The estimation of animal abundance and related parameters*, 1st Ed., Griffin, London.
- SHGN (Service hydrologique et géologique national), 1979 à 1998. Annuaire hydrologique de la Suisse, Office fédéral des imprimés et du matériel, Berne.
- STAUB E., 1986. Composition des classes d'âge dans des ruisseaux à truites. In *Calcul des dommages résultant de l'empoisonnement d'un cours d'eau. Les cahiers de la pêche* 44. Office fédéral de la protection de l'environnement, Berne.
- TESCH F., 1963. Die zweckmässige Pflege der Fischbestände. Hambourg et Berlin (Parey).
- TIMMERMANS J.A., 1957. Estimation des populations piscicoles. Application aux eaux courantes rhéophiles. *Travaux de la Station de Recherches des Eaux et Forêts de Groenendaal-Hoeilaart, série D*, 21: 7-84.
- ZALEWSKI M. and COWX I.G., 1990. Factors affecting the efficiency of electric fishing. In *Fishing with electricity*, Cowx I. G. and Lamarque P., (Eds.), Fishing News Books, Oxford.

Manuscrit reçu le 12 août 2002