

REPEULEMENTS EN ALEVINS NOURRIS ET DÉMOGRAPHIE DE LA POPULATION DE TRUITE (*SALMO TRUTTA* L.) DANS LE REDON, UN AFFLUENT DU LAC LÉMAN INTERROMPU PAR UN OBSTACLE

A. CHAMPIGNEULLE (1), M. MELHAOUI (2), C. GILLET (1), A. CAUDRON (3)

(1) Station d'Hydrobiologie Lacustre INRA (UMR CARRTEL) BP 511, 74203 Thonon (France). E-Mail : champi@thonon.inra.fr

(2) Faculté des Sciences, Oujda (Maroc).

(3) Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la protection du Milieu Aquatique, Le Villaret, 74370 St-Martin-de-Bellevue (France).

RÉSUMÉ

La démographie d'une population de truite (*Salmo trutta* L.) a été étudiée, dans un contexte de repeuplements en alevins nourris, sur le Redon, un affluent du lac Léman. On trouve sur le Redon une situation typique de nombreux affluents du Léman : une zone aval ouverte sur le lac mais rapidement interrompue par un obstacle empêchant la remontée des truites de lac.

Des relâchers d'alevins nourris issus d'œufs de géniteurs sauvages de truite de lac ou de géniteurs domestiques, pratiqués en fin de printemps-début été à des densités de 40-60 ind./100 m², fournissent un recrutement additionnel important pouvant constituer la part dominante du peuplement automnal en 0+, puis 1+.

Sur les zones ouvertes à la pêche, colonisées ou non par la truite de lac, la densité de la population automnale en place s'effondre entre le stade 1+ et les stades > 1+. Les résultats comparatifs entre zones ouvertes ou fermées à la pêche indiquent que la pêche peut être un facteur de mortalité important. La dynamique comparée des truites d'origine lacustre ou sédentaire suggère l'existence d'un taux de sédentarisation plus faible pour les 1+ issus de truites de lac comparativement aux 1+ issus de la fraie de truites sédentaires en zone de réserve.

Une expérimentation suggère l'existence de mouvements de dévalaison ayant lieu avant octobre et touchant préférentiellement les 0+ d'origine lacustre ayant eu la croissance initiale la plus forte.

L'étude montre que :

- des alevins nourris d'origine lacustre ou domestique, relâchés en fin de printemps-début été, fournissent des géniteurs de truite de lac remontant dans la rivière de relâcher, avec cependant une proportion moindre (4 fois) dans le cas de l'origine domestique comparativement à l'origine lacustre. Malgré leur forte contribution aux stades de juvéniles 0+ et 1+, les alevins domestiques de pisciculture contribuent peu aux retours de géniteurs de truite de lac.

- dans le cas d'une des 4 cohortes étudiées, un alevinage limité (6 000 alevins lacustres d'une autre rivière) a eu une contribution majeure au stock de géniteurs de truite de lac remontant dans le Redon. Les autres relâchers, d'importance voisine, ont eu des contributions plus faibles mais non nulles.

Les résultats suggèrent que les repeuplements en alevins nourris, répétés pendant plusieurs décennies, ont pu potentiellement accroître les possibilités de brassages inter-affluents et inter-souches.

Mots-clés : *Salmo trutta* L., truite sédentaire, truite de lac, repeuplement, alevins nourris.

STOCKING FED FRY AND DEMOGRAPHY OF THE BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA* L.) POPULATION OF THE RIVER REDON, A LAKE LEMAN'S AFFLUENT INTERRUPTED BY A WEIR

ABSTRACT

The demography of a brown trout (*Salmo trutta* L.) population has been studied in a context of fed fry stocking in the case of the Redon River, an affluent of Lake Lemman. The Redon River is a typical case history affluent with a zone open to the lake but quickly closed to upstream migration by the lake dwelling trout.

The stocking with fed fry at densities 40-60 ind./100² supplied an additional recruitment, which can constitute the dominant part of 0 + and 1 + in autumnal standing population. Fry were reared from wild lake dwelling trout eggs issued from an affluent different from the Redon River or from domestic spawned eggs.

In open angling areas, colonized or not by lake dwelling spawners, the autumnal standing population sharply decreased between 1 + and > 1 + stages. The comparative results between zones opened or closed to angling suggest the important role played by angling in this evolution. The comparative dynamic of resident trouts and trouts issued from stocked alevins of lacustrine origin in a section closed to angling suggests the existence of a smaller settling rate for trouts of lacustrine origin.

An experimentation with fed fry from lacustrine origin suggests the existence of an early downstream migration, concerning fry with the higher initial growth rate.

The study showed that:

- fed fry from lacustrine or domestic origin, stocked in late-spring or early-summer, supplied lake dwelling trout spawners coming back in the river of stocking, in smaller proportion however for the domestic origin. In spite of their strong contribution at juveniles 0 + and 1 + stages, trouts from domestic origin contributed very few to the return of lake dwelling trout spawners.

- in the case of one of the four surveyed cohorts, a limited stocking (6 000 fed fry issued from an other river) has had a major contribution to the stock of lake dwelling trout spawners entering the Redon River. The other releases have had more limited but not null contributions.

Results suggest that stocking practices repeated during several decades could have potentially affected the integrity of natural populations.

Key-words: *Salmo trutta* L., brown trout, river dwelling trout, lake dwelling trout, stocking, fed fry.

INTRODUCTION

En système lac-affluents, la truite (*Salmo trutta* L.) présente deux écotypes :

1) la truite de lac effectuant l'essentiel de sa croissance en lac alors que la reproduction et la production des juvéniles a lieu dans les affluents.

2) la truite sédentaire effectuant la totalité de son cycle de vie en affluent. Dans beaucoup de lacs européens, les populations de truite de lac sont menacées par l'affaiblissement du recrutement naturel en juvéniles issu des affluents (RUHLE, 1990).

Dans la plupart des cas, outre les aménagements pour améliorer la libre circulation, lutter contre les pollutions et restaurer les cours d'eau, les gestionnaires ont pratiqué de nombreuses opérations de repeuplement. Le lac Léman (58 240 ha) n'a pas échappé à cette dernière tendance. Dans les années 80-90, en relation avec les structures d'élevage existantes et du fait des plus faibles coûts de production, ce sont surtout des alevins de truite nourris pendant quelques mois qui ont été relâchés dans le Léman et ses affluents, en aval et en amont des obstacles à la migration, avec pour finalité la production de truite de lac. Simultanément, le déversement en affluent d'alevins nourris était pratiqué avec des truites domestiques par les gestionnaires des affluents avec pour objectif d'accroître la production de truites sédentaires. Les deux groupes de gestionnaires avaient donc comme objectif commun de soutenir une forte production de juvéniles dans les affluents, mais des objectifs finaux différents : développer l'écotype truite de lac ou l'écotype truite sédentaire. Dans les deux cas, le repeuplement était pratiqué en aveugle.

Le présent travail vise à évaluer la composante « repeuplement en alevins nourris » introduite dans les affluents, à partir d'alevins issus de 2 origines utilisées dans le bassin lémanique (géniteurs de truite de lac ou de pisciculture). L'étude porte sur la dynamique de contribution de ce mode d'alevinage au niveau de la population automnale en place aux stades successifs : 0+, 1+ et > 1+ ainsi qu'au niveau des géniteurs de truite de lac venant se reproduire dans le Redon, un affluent de référence du Léman. Les résultats présentés portent sur une longue période d'étude (1983-93) au cours de laquelle des travaux antérieurs (MELHAOUI, 1985; CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1990a et b) ont été poursuivis et complétés. Sur un plan général, l'article vise à fournir des premiers éléments de synthèse sur le fonctionnement de la population de truite en intégrant des impacts anthropiques majeurs (repeuplement, fragmentation, pêche) et l'existence des deux écotypes, lacustre et sédentaire.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site d'étude et terminologie utilisée

Les travaux ont été menés de 1983 jusqu'au début 1993 sur le cours principal du Redon, un petit affluent de 10 km situé sur la rive française de lac Léman (Figure 1). Les milieux étudiés sont présentés en détail par MELHAOUI (1985) et par CHAMPIGNEULLE *et al.* (1988). Le cours du Redon offre une situation représentative de nombreux affluents du Léman avec une zone aval accessible aux géniteurs de truite de lac et une zone amont inaccessible du fait de la présence d'un obstacle infranchissable à la montée (mais non à la descente). Il s'agit d'un passage en buses de la rivière sur 50 m de long avec des vitesses du courant d'eau supérieures à 4m/s dans les buses qui débouchent sur une chute non franchissable. Dans l'étude, trois zones A, I et R sont distinguées d'aval en amont sur le court principal du Redon (Figure 1). Les zones A et I sont ouvertes à la pêche sportive de début mars à début octobre. La taille minimale de capture était fixée à 21 cm (longueur totale) pendant la période d'étude. Du fait de l'obstacle infranchissable, seule la zone A est accessible aux géniteurs de truite de lac. La zone R est une réserve de pêche ayant une forte densité en géniteurs sédentaires (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1988).

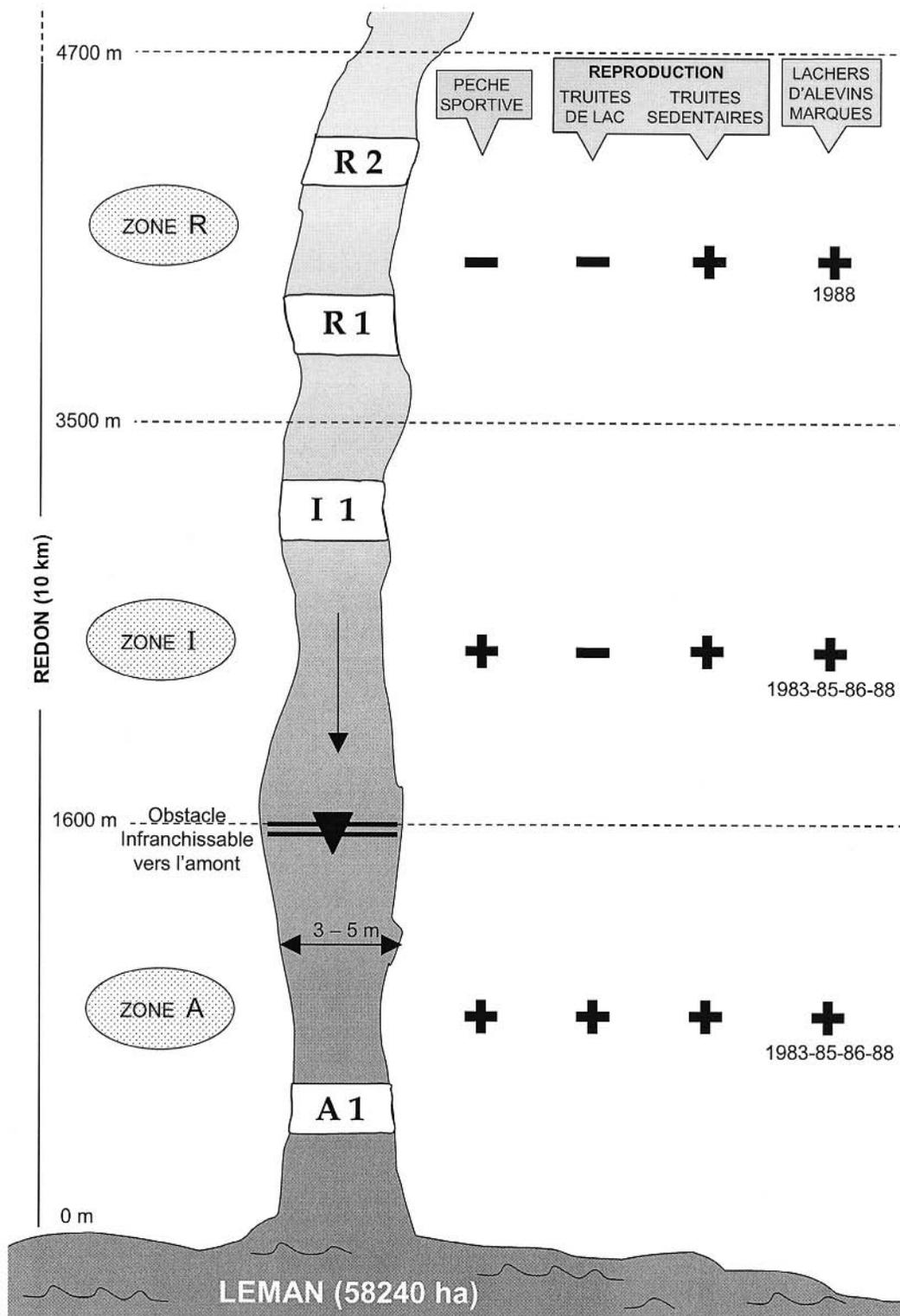


Figure 1 Localisation de la zone d'étude sur le Redon, un affluent de la rive française du Léman. (+) : présence ; (-) : absence.

Figure 1 Location of the zone under study on the Redon River, an affluent of the French part of Lake Lemman. (+): present; (-): absent.

La terminologie suivante sera utilisée dans la suite du texte :

+ Truite de lac : TL = truite effectuant une phase de croissance en lac.

+ Truite sédentaire : TS = truite effectuant la totalité de son cycle de vie en rivière.

Des travaux antérieurs (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1991 et 1999) ont montré que la plupart des truites de lac présentaient, soit une, soit deux années de croissance faible caractéristique de la phase de vie en rivière. Par conséquent seules les truites d'âge > 1 + capturées en rivière peuvent être classées comme truites sédentaires. Par contre, pour les juvéniles capturés au stade 0 + ou 1 + en rivière, rien ne permet de dire s'il s'agit de futures TL ou TS.

Dans l'étude, trois sources de recrutement en juvéniles dans le Redon sont distinguées. Les alevins nourris marqués et déversés dans le Redon ayant deux origines différentes (TRL et TRP) et les alevins non marqués (TN) :

+ TRL : issus de géniteurs de truite de lac capturés lors de leur remontée dans l'Aubonne, un affluent suisse du Léman, régulièrement repeuplé à partir de géniteurs de truite de lac remontant dans ce même affluent.

+ TRP : issus de géniteurs domestiques (rameau évolutif Atlantique) provenant de la pisciculture domaniale de Vizille en Isère.

+ TN : alevins non marqués issus principalement de la fraie naturelle de TL ou de TS dans le Redon. Ce groupe inclut secondairement les éventuels repeuplements non contrôlés et donc non identifiés par marquage. En relation avec la distribution spatiale des géniteurs TL et TS (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1988), la composante recrutement naturel parmi les TN provient des TL et TS en zone aval A et des TS dans les zones I et R.

Expérimentations

Origine et marquage des alevins déversés

Les alevins des deux origines TRL et TRP ont été élevés en bassins sur aliment sec à la Pisciculture Domaniale de Rives à Thonon (74). Dans des conditions identiques (eau de lac, granulés), le début d'élevage jusqu'en fin du printemps a été nettement plus difficile pour les alevins d'origine lacustre (survie de 20 à 30 % ; croissance plus faible) que pour les alevins d'origine domestique (survie > 80 %). Ces truites TRL, après la phase initiale de mortalité en élevage, ont été caractérisées sur le plan génétique par GUYOMARD (1991) comme appartenant de façon dominante au rameau évolutif atlantique et pour le reste comme des hybrides avec le rameau évolutif méditerranéen.

Un marquage permettant de différencier les divers groupes de poissons relâchés a été effectué par une ablation des deux nageoires pelviennes, accompagnée ou non d'un marquage supplémentaire : cautérisation de l'adipeuse ou injection d'une micromarque nasale magnétisée. Les techniques utilisées sont décrites par CHAMPIGNEULLE et ESCOMEL (1984) et CHAMPIGNEULLE (1987). Des suivis réalisés en pisciculture par ces auteurs n'ont pas mis en évidence d'effets négatifs différentiels sur la croissance et la survie pour les marquages pratiqués. Les lots marqués ont été stabulés et suivis en pisciculture pendant une semaine avant de procéder au comptage final et à leur déversement.

Déversements d'alevins marqués dans le Redon

Expérience 1

L'expérience visait principalement à permettre le suivi, avec des répliquas dans l'espace et le temps, des dynamiques de contributions respectives des deux origines de repeuplement en alevins nourris et du recrutement naturel. Ces contributions ont été

suivies dans la population en place et au stade de géniteurs de truite de lac remontant frayer dans le Redon.

L'essentiel de l'étude a porté sur le suivi de relâchers intermittents (Figure 1) pratiqués dans les zones A et I du Redon, en 1983 (1 lot de TRL) puis 1985, 86 et 88 avec pour chacune de ces trois années un lâcher simultané de TRP et TRL (Tableau I). Il n'y a pas eu d'alevins marqués relâchés lors des années 1984-87-89-90. La pratique de relâchers intermittents visait à évaluer l'existence d'une éventuelle incidence ou non des relâchers sur le recrutement « naturel » TN. Des relâchers non contrôlés d'alevins nourris ayant été pratiqués en 1989-90 sur l'aval de la zone A, ces cohortes n'ont pas été prises en compte pour la zone A.

Les alevins nourris marqués (Tableau I) ont été dispersés en fin printemps ou début été dans les radiers des zones A et I. Les densités totales d'alevins nourris déversés ont varié entre 42 et 56 ind./100 m² de zone A + I (Tableau I). Les tailles moyennes des alevins ont varié selon les années et les origines entre 29 et 41 mm (Tableau I). Les déversements pratiqués en zone 1 visaient à savoir si l'on pouvait, grâce aux relâchers d'alevins nourris, obtenir un supplément de juvéniles (0 +, 1 +) en zone non accessible aux géniteurs de truites de lac.

La zone de réserve R a été prise comme zone de référence excluant le facteur pêche et le facteur repeuplement en alevins nourris de 1983 à 1990, hormis un relâcher de TRL pratiqué sur la partie aval de la réserve en 1988 (cf. expérience 2, déversement 2).

Tableau I

Caractéristiques des lots d'alevins nourris marqués et simultanément déversés dans les zones A et I du Redon, affluent du Léman. (TRL) : alevins nourris issus de géniteurs de truite de lac; (TRP) : alevins nourris issus de géniteurs domestiques de pisciculture; (2 PV) : deux nageoires pelviennes coupées; (2 PV + AD) : 2 nageoires pelviennes et nageoire adipeuse coupées; (MM) : marque magnétisée injectée dans le cartilage nasal. (LT) : longueur totale; (IC 95 %) : intervalle de confiance à 95 %; (± MM) : avec ou sans MM.

Table I

Characteristics of batches of fed alevins marked and simultaneously stocked in two zones A and I of the Redon River, an affluent of Lake Lemman. (TRL) alevins issued from lake dwelling trout spawners. (TRP): alevins issued from domestic trout spawners. (2 PV): two pelvic fins cut; (2 PV + AD): two pelvic and adipose fins cut; (MM) half-length micromagnetic tag injected in nasal cartilage. (LT): total length; (IC 95%): confidence limits at 95% level; (± MM): with or without MM.

Origine	date	LT (IC 95 % (mm))	Nombre	Densité (ind./100 m ²)	Marque
TRL	Début août 83	38 ± 1	6 000	43	2 PV
TRL	Fin juin 85	38 ± 1	3 200	23	2 PV
TRP	Fin juin 85	41 ± 1	2 600	19	2 PV + AD
TRL	Fin juin-début juillet 1986	29 ± 1	4 000	28	2 PV
TRP	Fin juin-début juillet 1986	39 ± 1	4 000	28	2 PV + AD
TRL	Fin juin 1988	39 ± 1	4 000	28	2 PV ± MM
TRP	Fin juin 1988	38 ± 1	4 000	28	2 PV + AD

Expérience 2

Cette deuxième expérience visait essentiellement à comparer la dynamique d'implantation post-déversement en rivière de lots d'alevins nourris TRL différant par leurs taux de croissance initiaux en pisciculture. Deux déversements ont été suivis en rivière. Le premier est celui des TRL pratiqué en zone A et I dans le cadre de l'expérience 1 en 1988. Le deuxième est un autre déversement de TRL également pratiqué en 1988 mais en zone de réserve aval et avec pour objectif supplémentaire de rendre possible le suivi de l'implantation des alevins de truite jusqu'au stade 2 + en éliminant le facteur « mortalité par pêche sportive ».

Déversement 1 : A partir d'œufs originaires d'un pool de truites de lac (piège sur l'Aubonne en Suisse), un lot d'alevins a été élevé sur granulés en bassin. En juin 1988, ce lot a été divisé en deux sous-lots en fonction de la taille. Les alevins ont subi un marquage différentiel : 2 pelviennes coupées et marque magnétique pour le lot d'alevins de plus grande taille ($LT \pm ET = 43 \pm 3$ mm) ; 2 pelviennes coupées pour le lot de plus petite taille ($LT \pm ET = 36 \pm 4$ mm). Les alevins ont été stabulés pendant 1 semaine après marquage puis repassés au détecteur de marque. Ceux ayant perdu leur marque ont été éliminés. Deux mille alevins marqués de chacun des deux lots ont été recomptés, mélangés puis répartis le 20 juin 88 sur les zones A et I du Redon (densité moyenne pour chaque lot : 14 individus/100 m² de zone A + I).

Déversement 2 : A partir d'œufs originaires de géniteurs de truite de lac, un lot d'alevins nourris a été élevé sur granulés en bassin. En début août 1988, le lot a été trié en 2 sous-lots en fonction de la taille et les alevins ont subi un marquage différentiel : adipeuse cautérisée et marque magnétique pour le lot d'alevins de plus petite taille ($LT (ET = 56 \pm 5$ mm) et marque magnétique pour le lot d'alevins de plus grande taille ($LT (ET = 67 \pm 4$ mm). Les alevins ont été stabulés pendant une semaine après marquage. Les alevins ont alors été repassés au détecteur de micromarques ; ceux ayant perdu la marque ont été éliminés. Les deux lots ont alors été recomptés, mélangés et répartis à la mi-août 1988 dans la zone aval de la réserve R à une densité de 96 et 53 ind./100 m², respectivement pour les petites et les grandes tailles.

Population en place et suivis des lots marqués

Des inventaires par pêche électrique (2 passages successifs, méthode DE LURY, 1947) ont été pratiqués en octobre chaque année de 1983 à 1990 sur 2 secteurs représentatifs de la zone ouverte à la pêche (secteur A₁ sur A ; I₁ sur I) et sur la zone de réserve (2 secteurs de référence R1 et R2). Les caractéristiques de l'habitat des secteurs inventoriés ont été sommairement décrites (Tableau II). Les deux secteurs de réserve diffèrent par une plus forte présence de sous berges profondes dans le cas de R2 que dans le cas de R1. Dans le cadre de l'expérience 2, afin de compléter le suivi de l'implantation des truites d'origine lacustre au-delà du stade 1 + en zone fermée à la pêche, l'ensemble de la zone du déversement 2 en réserve aval a été pêché à l'électricité (1 passage) pour y rechercher les truites 2 + en octobre 1990.

Lors de chaque inventaire, des écailles ont été prélevées pour la détermination de l'âge. La présence de marques a été systématiquement recherchée sur toutes les truites capturées.

Géniteurs de truite de lac dans le Redon

L'ensemble de la zone A, accessible à la migration des géniteurs TL, a été échantillonné par plusieurs pêches à l'électricité (un passage) réparties sur l'ensemble de la saison de reproduction, de la mi-novembre à la fin janvier. Les géniteurs ont été sexés, mesurés, marqués (Carlin) puis relâchés à proximité du lieu de capture. Des écailles ont été prélevées pour détermination de l'âge et pour identifier la zone de croissance forte, typique de la phase lacustre. Ce dernier critère, bien que systématiquement vérifié, n'est

apparu indispensable à la distinction truite de lac – truite sédentaire que dans un très faible nombre de cas, pour des truites de taille inférieure à 30 cm. Dans la quasi-totalité des cas, les truites de lac étaient déjà reconnaissables à la capture grâce à la livrée argentée de leur robe et/ou à leur grande taille. La présence de truites marquées au stade alevin ou géniteur a été systématiquement recherchée sur les géniteurs TL.

Le dénombrement et la connaissance de la taille des femelles capturées sur l'ensemble de la période de reproduction ont permis d'évaluer le nombre minimum d'œufs de truites de lac potentiellement déposés sur la zone A en utilisant la relation longueur totale (LT en mm) fécondité (F) établie par MELHAOUI (1985) pour la truite de lac au Léman ($\log F = 3,0159 \log LT - 10,549$).

Traitement des données

Des taux de survie ou de disparition interstades dans la population en place ont été calculés pour un secteur donné à l'aide des densités. Par exemple, taux de survie de 0 + à 1 + = densité de 1 + * 100/densité de 0 +. Les tests statistiques suivants ont été utilisés : χ^2 , test des rangs U de Mann-Whitney, test de comparaison de deux proportions, (logiciel StatBoxPro).

Tableau II

Caractéristiques des secteurs du Redon inventoriés par pêche électrique.

Table II

Characteristics of sections of the Redon River sampled by electrofishing.

Secteur	Longueur (m)	Largeur moyenne (m)	Surface (m ²)	Radier % surface	Rapide % surface	Plats-profonds % surface	Pêche sportive
R2	106	3,8	403	42	51	7	non
R1	77	4,1	316	35	53	12	non
I1	152	4,2	645	36	56	8	oui
A1	190	3,8	728	56	34	10	oui

RÉSULTATS

Population en place

Densités totales par classe d'âge

Il y a d'importantes fluctuations inter-annuelles et inter-sectorielles de la densité totale (marqués + non marqués) par classe d'âge (Figure 2).

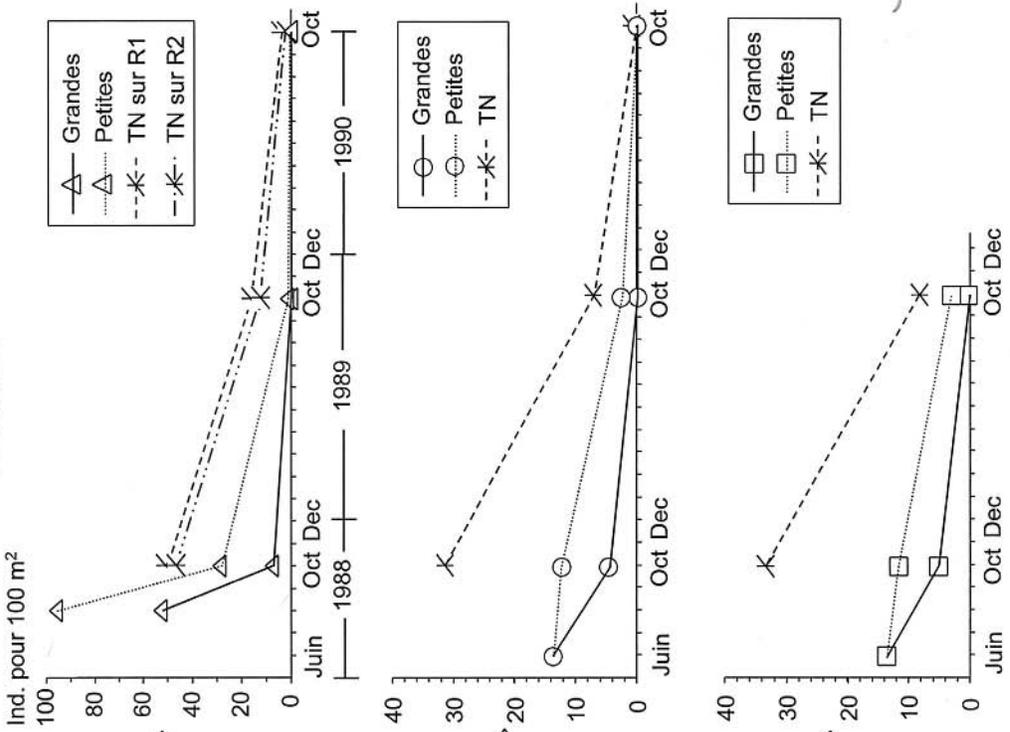
Figure 2

Contribution du repeuplement en alevins nourris marqués de truite de lac (TRL : truite de lac, origine Aubonne) et de truite domestique de pisciculture (TRP : souche pisciculture Vizille) déversés marqués dans le Redon, un affluent français du Léman. (TN) : truites non marquées. Les flèches indiquent les cohortes avec repeuplement en alevins nourris marqués. L'absence de flèche indique les cohortes sans relâchers d'alevins marqués.

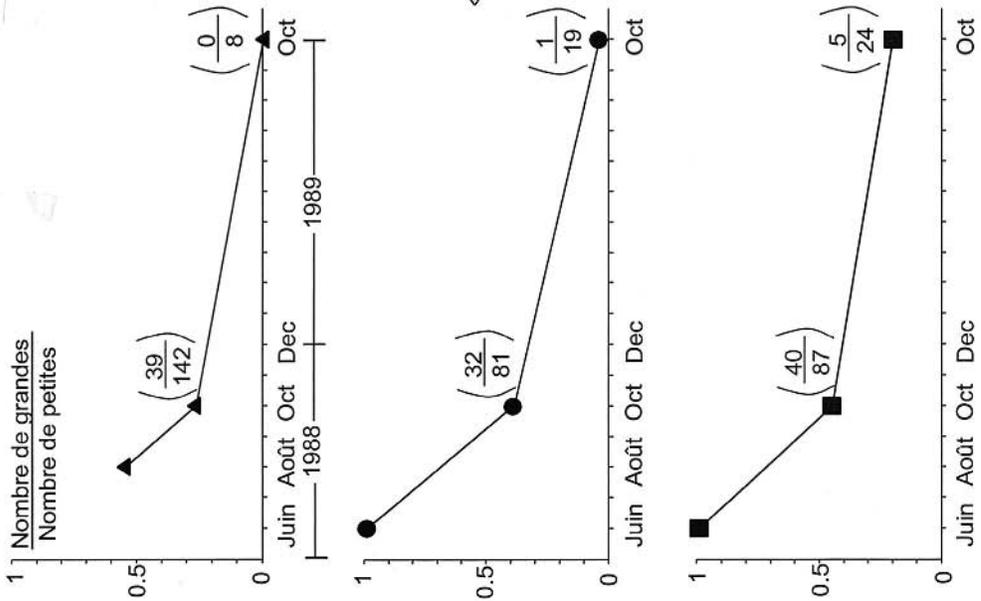
Figure 2

Contribution of stocking with marked fed alevins of lake dwelling trout (TRL: lake dwelling trout from the Aubonne River) and domestic trout (TRP: strain from the Vizille hatchery) stocked marked in the Redon River, a French affluent of the Lake Lemman. (TN: unmarked trouts). The arrows indicate the cohorts with a stocking of marked fed fry. The absence of an arrow indicates the cohort without stocking with marked alevins.

DENSITE



RAPPORT GRANDES - PETITES



Sur la période considérée, la densité moyenne automnale totale de truites d'âge $> 1 +$ est plus élevée sur les secteurs de réserve R_2 (moy. \pm ET : $6,3 \pm 1,6$ ind./100 m² ; n = 7) et R_1 (moy. $1,9 \pm 0,7$ ind./100 m² ; n = 8) que sur la zone ouverte à la pêche, fréquentée (A_1 : moy. $1,1 \pm 0,6$ ind./100 m² ; n = 7) ou non (I_1 : moy. $0,4 \pm 0,3$ ind./100 m² ; n = 7) par les géniteurs de truite de lac. Par contre, les densités totales de $1 +$ étaient relativement proches sur les zones ouvertes ou fermées à la pêche (Figure 2). Pour la période d'étude, la pêche apparaît donc être un important facteur de mortalité différentielle touchant les truites $> 1 +$ dans les zones A et I comparativement à la zone R.

Contribution du recrutement TN

Pour une classe d'âge donnée ($0 +$, $1 +$ ou $> 1 +$) et une année donnée (avec ou sans repeuplement en alevins nourris marqués), en fin octobre, la densité en truites non marquées (TN) est systématiquement supérieure sur les deux secteurs de réserve R_1 et R_2 comparativement aux deux secteurs ouverts à la pêche, fréquentés (A_1) ou non (I_1) par les géniteurs de truite de lac (Figure 2). Il y a juste deux exceptions, dans le cas des $1 +$ sur I_1 en 83 et sur A_1 en 88. Dans la réserve, la densité en grosses truites ($> 1 +$) est systématiquement meilleure ($4,7$ à $8,7$ ind./100 m²) dans le secteur R_2 qui possède plus de sous-berges profondes que le secteur R_1 ($0,9$ à $2,5$ ind./100 m²).

Pour les trois secteurs (I_1 , R_1 et R_2) non fréquentés par les géniteurs de truite de lac, il y a une densité faible en TN $0 +$ non marquées en 1985 et 1986 qui persiste pour ces cohortes au stade $1 +$ avec de faibles densités en TN $1 +$ en 1986 et 87 (Figure 2). Pour le secteur aval A_1 , la cohorte 1986 TN est également faiblement représentée tant au stade $0 +$ qu'au stade $1 +$ (Figure 2). La cohorte 1986 a subi de très fortes crues au cours de la période d'incubation des œufs.

Sur le secteur A_1 , la densité moyenne est de $19,1$ TN $0 +$ /100 m² ($4,1$ à $34,2$ ind./100 m²) pour les années avec repeuplement en alevins nourris et de $14,4$ TN $0 +$ /100 m² ($11,7$ - $17,2$ ind./100 m²) pour les années sans. Sur le secteur I_1 , la densité moyenne est de $20,2$ TN $0 +$ /100 m² ($6,4$ - $31,8$ ind./100 m²) pour les années avec repeuplement en alevins nourris et de $21,2$ TN $0 +$ /100 m² ($16,1$ - $28,5$ ind./100 m²) pour les années sans. Pour l'ensemble des densités calculées sur A_1 ou I_1 , il n'y a pas de différence significative (U Mann-Whittney, $P > 0,05$) de la densité automnale en $0 +$ TN entre les années avec et les années sans repeuplement en alevins nourris.

Contribution des repeuplements en alevins nourris marqués

Les truitelles issues des alevins marqués relâchés dans les zones A et I contribuent fortement au peuplement automnal en juvéniles $0 +$ et $1 +$ sur les secteurs A_1 et I_1 (Figure 2).

◀ Figure 3

Évolution différentielle de 2 groupes d'alevins nourris de truite de lac différant par leur taille initiale (grande ou petite) déversés dans le Redon, un affluent français du Léman. TN : recrutement naturel. Les secteurs A_1 et I_1 ont fait l'objet du même déversement comparatif en zone ouverte à la pêche alors que le secteur R_1 a fait l'objet d'un autre déversement comparatif en zone de réserve.

Figure 3

Differential evolution of 2 groups of lake dwelling trout fed alevins differing by their initial size (large or small) stocked in the River Redon, a French affluent of Lake Lemman. TN: natural recruitment. The sections A_1 and I_1 have been submitted to the same comparative stocking in a zone opened to angling and the section R_1 has been submitted to a separate comparative stocking in a zone closed to angling.

Sur A1 et I1, les densités totales de 0 + observées pour les cohortes avec repeuplement sont supérieures aux densités totales de 0 + observées pour les cohortes sans repeuplement en alevins nourris (Figure 2). En relation avec le fort recrutement additionnel lié au repeuplement, la densité totale en 0 + devient supérieure ou proche sur les secteurs A₁ et I₁ comparativement aux secteurs non repeuplés R₁ et R₂ de la réserve. En particulier, les relâchers de 1985-86 ont permis de compenser le mauvais recrutement TN pour ces cohortes et d'obtenir en A₁ et I₁, contrairement à R₁ et R₂, de fortes densités en 0 + (Figure 2).

Sur les secteurs A1 et I1, au stade 1 +, la densité en truites marquées issues des relâchers d'alevins nourris est élevée, variant entre 4,0 et 16,8 ind./100 m² (Figure 2).

Sur I1, les densités totales de 1 + observées pour les 4 cohortes avec repeuplement sont supérieures aux densités totales de 1 + observées pour les 4 cohortes sans repeuplement (Figure 2). Sur A₁, les cohortes à plus fortes densités en 1 + sont des cohortes pour lesquelles il y a eu des déversements en alevins nourris (Figure 2).

Pour les 2 cohortes à recrutement TN faible (85-86) et pour chaque secteur A1 et I1, en liaison avec l'apport des relâchers en alevins nourris, la densité totale de 1 + en 1986 et 87 est nettement plus forte que sur les 2 secteurs de référence R1 et R2 non repeuplés dans la zone de réserve (Figure 2).

Évolutions entre 0 + et 1 +

Pour un secteur donné (A1 ou I1) et chacune des 3 cohortes simultanément repeuplées en TRL et TRP (1985-86-88), il n'y a pas de différence significative (χ^2 , $P > 0,05$) entre les stades 0 + et 1 + pour les contributions de la composante TN et de la composante globale « alevins nourris » (TRL et TRP regroupées) (Figures 2 et 4).

Pour le relâcher de 1988, le rapport TRL/TRP est resté voisin de 1 pour les deux stades 0 + et 1 + et les deux secteurs A1 et I1 (Tableau III). Par contre, pour le relâcher de

Figure 4

Repeuplement en alevins nourris marqués (TRL : truite de lac, origine Aubonne ; TRP : truite domestique, pisciculture de Vizille) sur un secteur aval (A1) et moyen (I1) du Redon, un affluent du Léman. TN : truites non marquées. Pour chaque cohorte (1983-85-86-88), sont indiqués le nombre déversé et la taille moyenne au déversement. Contribution des 3 composantes de recrutement à la population de juvéniles en place sur deux secteurs A1 et I1 et aux remontées de géniteurs de truite de lac dans le Redon pour les cohortes correspondantes. (TL) : géniteurs de truite de lac revenant dans le Redon ; (M) : males mûrs ; (F) : femelles mures. Les nombres au dessus des histogrammes représentent le nombre d'individus échantillonnés.

Figure 4

Stocking marked fed alevins (TRL: lake dwelling trout from the River Aubonne; TRP: domestic trout, Vizille hatchery) in a downstream (A1) and median section (I1) of the River Redon, a French affluent of Lake Lemman. (TN): unmarked trout. For each cohort (1983-85-86-88), number stocked and size at stocking are indicated. Contribution of the three components of the recruitment to the juveniles 0 + and 1 + in the standing population of the two sections A1 and I1 and to the lake dwelling trout spawners for the corresponding cohorts entering the river Redon. (TL): lake dwelling trout spawners entering the River Redon; (M): ripe males, (F): ripe females. The numbers above the histograms indicate the number of individuals sampled.

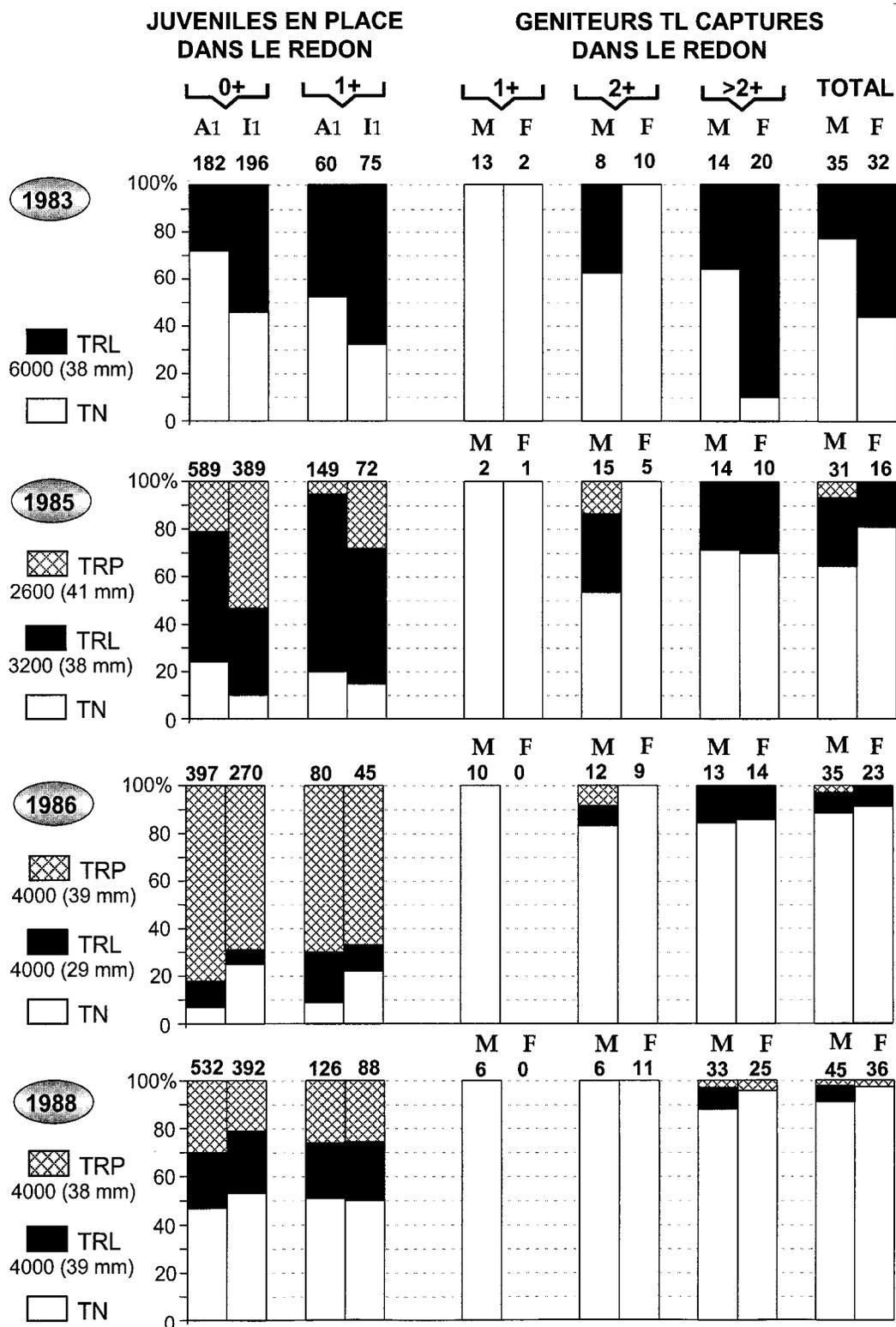


Tableau III

Évolution du rapport « nombre de juvéniles TRL marqués/nombre de juvéniles TRP marqués » entre leur déversement dans le Redon et les stades 0 + et 1 + en milieu automne sur 2 secteurs A1 et I1 du Redon. (TRL) : alevins issus de géniteurs de truite de lac. (TRP) : alevins issus de géniteurs de truite domestique.

Table III

Evolution of the ratio “number of marked TRL/number of marked TRP” between the stocking in the Redon River and the stages 0 + and 1 + in October on two sections of the Redon River. (TRL) alevins issued from lake dwelling trout spawners. (TRP): alevins issued from domestic trout spawners.

Date	Déversement		Mi-automne	
	Secteur	TRL/TRP	0 + TRL/0 + TRP	1 + TRL/1 + TRP
Juin 1985	A1	1,2	2,6	6,2
	I1	1,2	0,7	2,1
Juillet 1986	A1	1	0,1	0,3
	I1	1	0,1	0,2
1988	A1	1	0,8	0,9
	I1	1	1,3	1,1

Tableau IV

Taux de survie apparent entre les stades 0 + et 1 + ($0 + 1 +$: densité $1 + * 100$ /densité $0 +$) et entre les stades 1 + et 2 + ($1 + 2 +$: densité $2 + * 100$ /densité $1 +$) en octobre sur les secteurs A1 et I1 du Redon selon l'origine des alevins marqués déversés. (TRP) : origine géniteurs domestiques. (TRL) : origine géniteurs de truite de lac; (TN) : non marqués.

Table IV

Apparent survival rate between stages 0 + and 1 + ($0 + 1 +$: density $1 + * 100$ /density $0 +$) and stages 1 + and 2 + ($1 + 2 +$: density $2 + * 100$ /density $1 +$) in October in sections A1 and I1 of the Redon River according to the origin of marked fed alevins. (TRP): domestic origin; (TRL): issued from lake dwelling trout spawners; (TN): unmarked trout.

Secteur	Origine	1983	1985	1986	1988
		$0 + 1 +$ ($1 + 2 +$) %	$0 + 1 +$ ($1 + 2 +$) %	$0 + 1 +$ ($1 + 2 +$) %	$0 + 1 +$ ($1 + 2 +$) %
I1	TN	12,0 (18,5)	26,8 (9,1)	15,5 (9,1)	23,4 (4,2)
	TRL	25,7 (0)	30,8 (6,8)	35,3 (0)	24,8 (0)
	TRP		10,2 (0)	17,0 (0)	18,6 (0)
A1	TN	23,5 (16,1)	20,8 (13,3)	26,7 (0)	26,1
	TRL	55,8 (10,4)	33,2 (3,5)	44,2 (15,8)	21,0
	TRP		6,0 (100)	19,0 (7,9)	22,7

1986 et pour les deux secteurs, le rapport TRL/TRP de 1,0 au déversement s'est effondré, n'étant plus que de 0,1 au stade 0 + en fin octobre et restant bas (0,2-0,3) au stade 1 + (Tableau III). Pour le relâcher de 1985, à l'inverse de ceux de 1986 et 88, l'évolution du rapport TRL/TRP diffère selon les secteurs (A1 ou I1).

Pour les 2 cohortes 1985 et 86 et sur les secteurs A1 et I1, la survie apparente de 0 + à 1 + est supérieure pour les TRL (30,8 à 44,2 %) comparativement aux truites domestiques TRP (6,0 à 19 %). Elle est intermédiaire (18,6 à 24,8 %) et ne varie pas significativement selon la souche dans le cas de la cohorte 1988 (Tableau IV). Pour ces deux secteurs ouverts à la pêche, la survie apparente entre 1 + et 2 + est généralement (17 cas sur 19) inférieure à la survie apparente entre 0 + et 1 +.

Effet de la taille-croissance initiale sur la dynamique d'implantation des TRL

Pour chacun des deux déversements (en juin et août 1988) d'alevins nourris de truite lacustre, les individus de plus grande taille initiale ont un taux de disparition de la zone de déversement plus rapide que celui des individus de plus petite taille (Figure 3). Cette disparition différentielle selon la taille est déjà très nette dès la fin octobre 1988 soit 2 à 4 mois seulement après le déversement (fin juin ou fin août) et elle se poursuit entre la fin octobre 1988 et 89 (Figure 3).

Pour le premier déversement en zones A et I, la dynamique des lots marqués est la même pour les deux secteurs inventoriés en partie aval (A_1) et partie amont (I_1) de la zone de relâcher (Figure 3). On ne note pas de mouvements des poissons marqués vers les secteurs (R_1 et R_2) inventoriés en amont de la zone I. Pour les deux secteurs A1 et I1, la densité en fin octobre 89 au stade 1 + est proche de 0 (0,2 à 0,7 ind./100 m²) pour les TRL de plus grande taille au relâcher alors qu'elle est encore de 2,9-3,3 ind./100 m² pour celles issues des plus petits pré-estivaux (Figure 3). Par contre, sur le secteur I_1 au stade 2 + en fin octobre 1990, il n'y a plus de truites 2 + issues des petits ou des grands pré-estivaux déversés (Figure 3, Tableau V).

Pour le deuxième déversement, les données de densité (Figures 2 et 3) sur le secteur R1 dans la réserve montrent la possibilité d'obtenir par le relâcher d'alevins nourris un recrutement additionnel de 0 + TRL (+ 36,8 ind./100 m²) qui s'ajoute au recrutement TN. La densité en 0 + TN sur R1 est en effet de 49,2 ind./100 m² soit du même ordre de grandeur que la densité de 0 + TN (46,9 ind./100 m²) dans le secteur de réserve R_2 juste en amont et qui n'a pas été repeuplé (Figure 2). Par contre, le taux de survie entre les stades 0 + et 1 + est faible (5,5 % pour les petites TRL) ou nul pour les grandes TRL alors qu'il est bon (33,5 %) pour les non marquées TN du même secteur de réserve R1 (Tableau V). Le taux de survie apparent entre le stade 1 + et 2 + est nul pour les petites TRL alors qu'il est bon (16 %) pour les truites TN du secteur R1 (Tableau V). En final, au stade 2 +, les truites issues des grands ou des petits alevins TRL de truites de lac ont toutes disparu dans le secteur R1 de la réserve alors que les truites 2 + non marquées y sont encore bien présentes (Figure 3). L'ensemble de la zone de réserve aval a été échantillonné par pêche électrique en fin octobre 1990. Sur 40 truites 2 + de la cohorte 1988, une seule (2,5 %) était marquée, confirmant ainsi la quasi non-implantation des TRL comme truites sédentaires 2 +.

Tableau V

Taux de survie apparent des truites de la cohorte 1988 dans le Redon pour différentes origines de recrutement. (TN) : recrutement naturel ; (TRL) : alevins de truite de lac nourris et triés selon leur taille (2 lots : petites TRL et grandes TRL). (A1, I1) : secteurs en zone ouverte à la pêche ; (R1, R2) : secteurs en zone de réserve. (LT ± ET) : longueur totale moyenne ± écart-type pour les alevins nourris déversés.

Table V

Apparent survival rate of trouts from the 1988 cohort in the Redon River for different recruitment origins. (TN): natural recruitment; (TRL) fed alevins sorted according to their size (2 batches: small TRL and large TRL). (A1, I1): sections open to angling; (R1, R2): sections closed to angling. (LT ± ET): mean total length ± standard deviation for stocked alevins.

Origine recrutement	Nombre déversé	Densité déversée (ind./100 m ²)	LT ± ET (mm)	Secteur	Taux de survie apparent (%)		
					0 + octobre à 1 + octobre	1 + octobre à 2 + octobre	0 + octobre à 2 + octobre
<u>Relâcher 1</u>							
Petites TRL	2 000	14	36 ± 4	A1	27,5	Non évalué	Non évalué
				I1	23,0	0	0
Grandes TRL	2 000	14	43 ± 3	A1	12,7	Non évalué	Non évalué
				I1	4,0	0	0
<u>Relâcher 2</u>							
Petites TRL	1 535	96	56 ± 5	R1	5,5	0	0
Grandes TRL	854	53	67 ± 4	R1	0	0	0
TN				R1	33,5	16,0	5,4
TN				R2	27,5	28,8	7,9

Géniteurs de truite de lac

Cohorte 1983

Sur 6 000 alevins TRL déversés dans le Redon, 25 ont été recapturés comme géniteurs de truite de lac dans le Redon. Ce taux de retour contrôlé de 4,2 % fournit une indication minimale du taux de retour au Redon comme géniteurs TL à partir du stade de déversement « alevins nourris ». Le lot déversé a fourni 38,8 % du total de géniteurs contrôlés de la génération 1983. Aucun géniteur marqué n'a été observé (Figure 4) parmi les jeunes mâles ou femelles 1 + (0/15), ni parmi les femelles 2 + (0/10). Par contre 37,5 % des mâles 2 + et 35,7 % des mâles > 2 + sont issus de ce petit lot d'alevins marqués qui a fourni par ailleurs 90 % des femelles > 2 + capturées (Figure 4). Pour cette cohorte, on peut noter que le taux de contribution du total de géniteurs lacustres marqués contrôlé n'est pas significativement différent (χ^2 , $P > 0,05$) de celui observé au stade juvénile 0 + pour les secteurs A1 et I1 réunis.

Cohortes 1985-86 et 1988

Pour les cohortes 1985-86-88, il y a eu des relâchers simultanés d'alevins TRL et TRP marqués. Sur l'ensemble de ces trois cohortes, il y a eu 186 géniteurs de truites de

lac de capturés dans le Redon. Parmi ces géniteurs, 25 seulement (13,4%) sont issus des relâchers d'alevins marqués alors que ces derniers représentaient une part importante (40 à 80 %) des juvéniles 0 + et 1 + en place sur les zones A et I du Redon (Figure 4). Par ailleurs, le nombre de géniteurs revenant est quatre fois plus important pour les alevins déversés d'origine lacustre (20 retours TRL) que pour les alevins déversés d'origine domestique (5 retours TRP). Comme pour les TRL marqués de la cohorte 1983, aucune des truites marquées n'a été prise en tant que jeune géniteur 1 + mâle ou femelle (0 1 + marqué/19 1 + non marqués) ou en tant que jeune génitrice femelle 2 + (0 femelle 2 + marquée/25 femelles 2 + non marquées) (Figure 4).

Il existe de fortes variations inter-cohortes du taux de retour minimal et de la contribution relative des deux souches (Tableau VI). Les TRL marquées de la cohorte 1985 ont un taux de retour minimal de 3,75 ‰ mais on observe une nette tendance à la baisse pour les relâchers de 86 et 88. Pour les TRP, les taux de recaptures sont très faibles mais non nuls (0,25 à 0,75 ‰). Sur l'ensemble des trois cohortes 1985-86-88, le taux de retour minimal comme géniteurs TL issus des alevins TRL (1,79 pour mille) est significativement supérieur (test de comparaison de deux proportions, $P < 0,01$) au taux de retour de géniteurs TL issus des alevins TRP (0,47 ‰). Malgré des relâchers plus faibles en 1985, la contribution au stade géniteur du lot de TRL est plus élevée pour cette cohorte (25,5 ‰) que pour les relâchers de 1986 et 88 (8,6 et 3,7 ‰). Pour chacune des 3 cohortes 1985, 86 et 88 la répartition de la contribution des 3 groupes de recrutement TRL, TRP et TN dans le total de géniteurs (2 sexes confondus) diffère significativement ($P < 0,01$) de celle observée au stade 0 + ou 1 + dans la population en place en octobre sur les secteurs A1 et I1 réunis. Pour chacune des 3 cohortes 1985-86 et 88, la contribution des marqués (TRP + TRL) dans le total de géniteurs contrôlés, est significativement inférieure (χ^2 , $P < 0,001$) à la contribution des marqués présents au stade 0 + ou 1 + dans la population en place en octobre sur les secteurs A1 et I1 réunis (Figure 4). Les contributions relatives TRL/TRP et TN/TRP au stade juvénile ne se retrouvent pas au stade géniteur. Ces deux rapports, TN/TRP en particulier, augmentent lorsque l'on passe du stade 0 + - 1 + en place au stade géniteur de truite de lac capturé dans le Redon. On peut en particulier remarquer, pour la cohorte 1986, l'opposition entre la forte contribution des TRP au stade 0 + et 1 + sur A1 et I1 et leur faible contribution au stade géniteur (Figure 4).

Tableau VI

Taux de recapture (pour mille) comme géniteurs de truite de lac dans le Redon des alevins nourris déversés marqués dans le Redon. (TRL) alevins issus de géniteurs sauvages de truite de lac ; (TRP) alevins issus de géniteurs domestiques de pisciculture.

Table VI

Recapture rate (per thousands) as lake dwelling trout spawners in the Redon River for marked fed alevins stocked in the Redon River. (TRL): alevins issued from lake dwelling wild spawners, TRP: alevins issued from domestic trout spawners.

Cohorte	Taux de retour (pour mille)	
	TRL	TRP
1983	4,20	–
1985	3,75	0,77
1986	1,25	0,25
1988	0,75	0,50
1985-86-88	1,79	0,47

Bilan « œufs potentiels TL – 0 + en place »

Les sondages par pêche électrique des reproducteurs femelles de truite de lac ont permis d'estimer un nombre minimum (géniteurs non tous capturés) d'œufs potentiels déposés dans la zone A du Redon. Ce nombre a varié selon l'année de 73 500 à 130 500/an dans la période 1984-88 (Tableau VII). Ceci représente selon l'année un minimum de 1 148 à 2 039 œufs potentiels par 100 m². En utilisant ces données et la densité automnale en 0 + sur le secteur A1 du Redon, il apparaît que le taux minimal de disparition entre le stade « œufs potentiels » et le stade 0 + en octobre est très élevé sur la zone A, compris entre 98,3 % et 99,7 % (Tableau VII).

Tableau VII

Évaluation du nombre minimum d'œufs de truite de lac naturellement déposés sur la zone aval A (surface : 6 400 m²) du Redon (affluent du Léman). Évaluation du taux minimal de disparition et du taux maximal d'implantation sur la zone entre le stade œuf et le stade 0 + en octobre pour les cohortes 1984 à 1988.

Table VII

Evaluation of the minimal natural egg deposit of lake dwelling trout spawners in the downstream zone A (surface: 6 400 m²) of the Redon River (affluent of the Lake Lemman). Evaluation of the minimal disappearance rate and of the maximal implantation rate between egg stage and 0+ stage in October (cohorts 1983 to 1988).

	84	85	86	87	88
Estimation du nombre minimum d'œufs déposés	106 500	109 200	94 800	73 500	130 500
Densité minimale d'œufs par 100 m ²	1 664	1 706	1 481	1 148	2 039
Densité en 0 + TN/100 m ²	11,7	19,8	4,1	17,9	34,2
Taux minimal de disparition (%)	99,3	98,8	99,7	98,4	98,3
Taux maximal d'implantation 0,7 au stade 0 + (%)	1,2	0,3	1,6	1,7	

DISCUSSION**Dynamique d'implantation des juvéniles**

La présente étude a mis en évidence sur le cours principal du Redon que, pratiqués à des densités de 40-60 ind./100 m², les relâchers d'alevins nourris TRL ou TRP en fin de printemps-début été peuvent fournir un recrutement additionnel en juvéniles important. Ce dernier peut constituer la part dominante du peuplement en 0 +, puis 1 +. Tels qu'ils ont été pratiqués, les déversements d'alevins nourris ne semblent pas avoir eu un effet dépresseur sur les 0 + en place. Néanmoins, pour plus complètement étudier cet aspect, en plus de références à des secteurs et/ou à des années sans repeuplement, il aurait été utile de réaliser des inventaires pour évaluer la densité d'alevins 0 + en place juste avant et juste après les repeuplements.

Tout semble se passer comme si, au moment des relâchers en fin de printemps-début été, la capacité d'accueil en 0 + n'était pas saturée. Ce résultat est compréhensible pour la zone I ne bénéficiant pas de l'important apport d'œufs de truite de lac comme sur

la zone aval A. Sur cette dernière, malgré cet apport d'œufs très important, très peu d'individus subsistent comme 0 + dans la population en place en automne. Il est donc probable qu'il existe de fortes mortalités entre le stade œuf et le stade 0 + à l'automne. Les facteurs de mortalités (surcreusement, mortalités intra-frayères, phase critique de l'émergence et de l'établissement des territoires, pathologies...) ne sont pas encore hiérarchisés.

Par ailleurs, l'expérimentation menée sur le Redon en 1988 avec un marquage différentiel selon la taille des TRL déversées suggère, pour cette origine, l'existence de migrations précoces vers le lac ayant lieu avant octobre et touchant préférentiellement des 0 + ayant eu la croissance initiale la plus forte. En effet, il apparaît difficile d'interpréter le plus fort taux de disparition des plus gros alevins de truite de lac déversés comme étant dû à un taux de mortalité vraie supérieur à celui des plus petits. Cette hypothèse reste cependant à vérifier par piégeage. Des migrations précoces en lac en tout début automne ont déjà été mises en évidence dans des affluents de lacs écossais (STUART, 1953). NORTHCOTE (1969) indique des migrations précoces en lac de juvéniles (25-35 mm) de truite arc-en-ciel dans des systèmes lacustres de Colombie Britannique. Les travaux de JARVI *et al.* (1996) suggèrent que la dévalaison précoce en Mer Baltique d'alevins de truite puisse être une réponse adaptative aux faibles débits estivaux dans les petites rivières concernées par le phénomène. Les dévalaisons précoces viennent donc élargir la gamme de dévalaison déjà connue (MELHAOUI, 1985) de truitelles de 1 ou 2 étés dans la période automne – hiver à mi-printemps. En l'absence de barrière liée à la salinité, les échanges affluent-lac peuvent donc prendre des modes plus variés (étalement des périodes, plus de stades concernés) que dans le cas de la truite de mer (EUZENAT, FOURNEL et RICHARD, 1991).

Relâchers d'alevins nourris en affluent et production de truites > 1 + et de géniteurs

L'étude a montré sur les zones ouvertes à la pêche, colonisée (A) ou non (I) par la truite de lac, un effondrement de la densité de la population automnale en place entre le stade 1 + et les stades > 1 +. Les résultats suggèrent donc qu'outre les facteurs de disparition naturelle (mortalité et dévalaison), la pêche serait un facteur de disparition important à prendre en compte. En relation avec la croissance observée (MELHAOUI, 1985), certaines des truites sont capturables dès le stade 2 + et par conséquent la pêche peut déjà avoir réduit la présence des 2 + au moment des bilans automnaux par pêche électrique. En outre, l'étude menée en 1988 a montré l'existence d'un plus fort taux de disparition entre 1 + et 2 + pour les TRL que pour les TN en zone de réserve où le facteur pêche ne joue pas. L'expérimentation menée suggère l'existence d'un taux de sédentarisation beaucoup plus faible pour les 1 + issus de truites de lac comparativement aux 1 + issus de la fraie de truites sédentaires en zone de réserve. Cependant le suivi des cohortes 1983, 1985 et 86 a montré (Tableau IV) que des alevins nourris TRL pouvaient néanmoins fournir des truites restant en rivière jusqu'au stade 2 + où elles peuvent être considérées comme des truites sédentaires. Le même type d'observation a également été fait sur des affluents suisses du Léman (ECOTEC, 1996).

Des expérimentations menées au Léman (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1990b; CHAMPIGNEULLE, 2001) ont montré que des relâchers d'alevins nourris TRL ou TRP directement en lac contribuent aussi au stock de truite de lac, même s'ils ne constituent pas la source de recrutement dominante, cette dernière provenant majoritairement (> 2/3) des affluents (CHAMPIGNEULLE, 2001). Dans le cas de la présente étude, on ne peut pas exclure qu'un petit pourcentage de géniteurs TL non marqués (TN) remontant dans le Redon soit issu, non du recrutement naturel dans le Redon mais de déversements de juvéniles directement en lac.

La présente étude a montré que :

+ des alevins nourris marqués (TRL ou TRP) relâchés en fin de printemps-début été dans le Redon, un affluent modèle du Léman peuvent fournir des géniteurs de truite de

lac remontant dans le Redon, en proportion moindre (4 fois environ) dans le cas de l'origine TRP comparativement à l'origine TRL. Ces résultats montrent l'existence d'un phénomène de homing (sans pouvoir préciser s'il est strict ou non) au sens d'un retour pour la reproduction vers l'affluent ayant produit les juvéniles.

+ dans le cas d'une des cohortes suivies, un alevinage limité (6 000 alevins TRL d'une autre rivière, l'Aubonne) a eu une contribution majeure au potentiel de géniteurs de truite de lac dans le Redon alors que d'autres relâchers d'importance voisine cependant ont eu des contributions beaucoup plus faibles mais non nulles.

Les résultats acquis suggèrent donc que les repeuplements intensifs en alevins nourris TRL et TRP répétés au cours de plusieurs décennies ont pu potentiellement accroître les possibilités de brassages inter-affluents et inter-souches. La présente étude a montré une forte contribution des alevins de repeuplement nourris (TRL et/ou TRP) parmi les juvéniles 1 + en place en automne. Or sur le Redon, une partie des mâles sont matures à 1 + (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1988). On ne peut donc exclure que les 1 + matures issus du repeuplement en alevins nourris TRP puissent participer à la fraie des TS en particulier.

Interactions TL-TS

Le fonctionnement du milieu affluent a été étudié à partir du cas du Redon sur lequel on retrouve une situation typique de nombreux affluents du Léman : une zone aval ouverte sur le lac mais rapidement interrompue par un obstacle empêchant la remontée des truites de lac. Dans ce type d'affluent, la capacité d'accueil de la zone restant ouverte sur le lac constitue généralement un facteur limitant majeur pour la reproduction et la production de juvéniles de truite de lac (RUHLE, 1990). La solution de la création d'ouvrages d'aide à la remontée a été différée dans certains affluents pour des problèmes de coûts, dans la mesure où il faut équiper non pas un seul mais souvent toute une série d'obstacles. Comme dans de très nombreux cas (CUINAT, 1971; COWX, 1994; LAIKRE *et al.*, 2000, VOLLESTAD et HESTHAGEN, 2001), la solution palliative du repeuplement a souvent été pratiquée pendant des décennies. Cependant, l'évolution actuelle dans le bassin lémanique est, prioritairement à la solution du repeuplement, à la réouverture des accès vers l'amont des affluents pour la fraie de la truite de lac. On peut alors se poser la question de l'impact de cette recolonisation sur les populations sédentaires amont. Cette question conduit à aborder la problématique du déterminisme et des interactions TL-TS. Chez la truite, le déterminisme (génétique, environnemental ou mixte) conduisant aux migrateurs (lac TL ou mer) et sédentaires (TS), est encore mal élucidé (JONSSON et JONSSON, 1993 ; NORTHCOTE, 1992). Une meilleure connaissance de ce déterminisme est cependant nécessaire pour la bonne gestion des populations. Les écotypes TL et TS sont-ils en compétition ? Est-ce que les TL contribuent à la production de TS ou est-ce qu'elles détournent à leur profit la capacité d'accueil des affluents ?

Plusieurs études suggèrent que le statut ou l'intégrité génétique de populations sédentaires peuvent être modifiés par l'introduction de juvéniles issus de truites migratrices. NASLUND (1993) a montré dans un lac suédois que l'introduction d'une souche de truite de lac dans un affluent à population sédentaire à partir d'une population migratrice d'un autre affluent conduisait à l'installation d'une population migratrice dans l'affluent récepteur. Dans une rivière du Pays de Galles coupée par une chute infranchissable, HAUSER *et al.* (1991) ont démontré par une analyse génétique que des repeuplements en alevins de truite de mer en amont de la chute infranchissable conduisaient rapidement en zone amont à une hybridation de la population sédentaire avec la fraction migratrice introduite.

La présente étude suggère que dans la zone aval de sympatrie TL-TS sur le Redon, en liaison avec un plus grand nombre de femelles TL et avec leur fécondité élevée, le potentiel en œufs apporté par les géniteurs TL est considérablement plus élevé que celui apporté par les géniteurs TS. L'étude a permis de chiffrer l'apport minimum d'œufs par les truites de lac. Pour fournir le même nombre d'œufs, il faudrait 3 à 6 femelles sédentaires $2 \pm 100 \text{ m}^2$ alors qu'il y en a généralement moins de $1/100 \text{ m}^2$ (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1988). Les TL sont également avantagées par leur période de ponte plus tardive (CHAMPIGNEULLE *et al.*, 1988) ou recouvrant celle des TS (CHAMPIGNEULLE, données non publiées). La conclusion de l'approche écologique est donc que la stratégie TL serait plus avantageuse que la stratégie TS. S'il y avait un support génétique, les TL seraient alors susceptibles de détourner à leur profit la productivité des affluents ouverts sur le Léman. Les nouvelles recherches en cours (LAUNEY *et al.*, 2003) sur la truite dans le système Léman-affluents associés font donc appel à la génétique des populations.

La présente étude a montré que les alevins TRP peuvent avoir une forte contribution dans la population en place au stade 0 + et 1 + (géniteurs mâles potentiels pour les TS) mais que, malgré cela, ils contribuent peu au retour de géniteurs de truite de lac. Ces résultats sont en accord avec une étude génétique récente (LAUNEY *et al.*, 2003) qui a montré que les repeuplements en TRP dans le système Léman – affluents ont davantage introgressé les populations de truite sédentaire que celles de truite de lac.

CONCLUSION

Des relâchers d'alevins nourris lacustres ou domestiques en affluents de lac peuvent contribuer à la production de truite de lac revenant frayer dans la rivière de relâcher. Le taux de retour est cependant plus faible pour l'origine domestique TRP que pour l'origine lacustre TRL et l'essentiel des géniteurs reste issu du recrutement naturel. Un supplément de juvéniles de truite de lac peut être obtenu en relâchant des alevins nourris TRL en zone amont actuellement non colonisée par la truite de lac. Les juvéniles TRL auraient tendance à moins se sédentariser que la fraction de la population coupée de la colonisation par les truites de lac. La connaissance de la contribution des alevins nourris TRP et TRL aux stades 0 + et 1 + dans la population en place à l'automne ne permet pas de prévoir leur taux de contribution au stock de géniteurs lacustres remontant frayer en affluent.

Pour comprendre la dynamique complexe des populations de truite dans les affluents de lac, il est nécessaire de distinguer les diverses composantes (naturelles et introduites, écotype migrateur ou sédentaire) du recrutement et de prendre en compte la fragmentation par les obstacles et l'impact de la pêche. Par ailleurs, des études de génétique des populations sont une nouvelle approche à développer.

REMERCIEMENTS

Les données du présent article ont été complétées et ont fini d'être exploitées dans le contexte d'un projet européen PIC INTERREG III 2002-2005 entre la France (Fédération de pêche de la Haute-Savoie) et l'Italie (Consortium forestier du Val d'Aoste) intitulé : Identification, sauvegarde et réhabilitation de populations de truites autochtones dans la vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Les organismes ou personnes suivants sont remerciés : l'AAPPMA du Chablais-Genevois pour avoir autorisé et facilité les expérimentations menées; G. ZEGNIA, G. FOUSSAT et L. GIUSTI, gardes du CSP pour leur aide pour les inventaires; M. MICHOUUD technicien DDAF Haute-Savoie pour la fourniture des alevins nécessaires aux expérimentations; J. ESCOMEL pour la réalisation des figures.

BIBLIOGRAPHIE

- CHAMPIGNEULLE A., ESCOMEL J., 1984. Marquage des salmonidés de petite taille par ablation de l'adipeuse ou des nageoires pelviennes. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 293-294, 52-58.
- CHAMPIGNEULLE A., 1987. Note technique. Marquage d'ombles chevaliers (*Salvelinus alpinus*) de petite taille par injection de micromarques magnétisées. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 304, 22-31.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., MAISSE G., BAGLINIERE J.L., GILLET C., GERDEAUX D., 1988. Premières observations sur la population de truite (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent frayère du lac Léman. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 310, 59-76.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., GERDEAUX D., ROJAS-BELTRAN R., GILLET C., GUILLARD J., 1990a. La truite commune (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent du lac Léman. I. Caractéristiques de la population en place (1983-87) et premières données sur l'impact des relâchers d'alevins nourris. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 319, 181-196.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., GERDEAUX D., ROJAS-BELTRAN R., GILLET C., GUILLARD J., MOILLE J.P., 1990b. La truite commune (*Salmo trutta*) dans le Redon, un petit affluent du lac Léman. II. Caractéristiques des géniteurs de truite de lac et premières données sur l'impact des relâchers d'alevins nourris. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 319, 197-212.
- CHAMPIGNEULLE A., MELHAOUI M., BUTTIKER B., DURAND P., 1991. Principales caractéristiques de la biologie de la truite de lac (*Salmo trutta*) dans le Léman, 153-182. In : Baglinière J.-L. et Maisse G. Éd. La truite : biologie et écologie, INRA, Paris.
- CHAMPIGNEULLE A., BUTTIKER B., MELHAOUI M., DURAND P., 1999. Main characteristics of the biology of the trout (*Salmo trutta* L.) in Lake Léman (Lake Geneva) and some of its tributaries. Pp 147-174 in Baglinière and Maisse (Eds) *Biology and Ecology of the Brown and Sea Trout*. Springer and Praxis Publishing, Chichester, UK.
- CHAMPIGNEULLE A., 2001. Contribution d'alevins nourris déversés directement en lac sur les captures de truite de lac en lac et sur le retour de géniteurs de truite de lac en affluents. In GERDEAUX et HAMELET, 2001.
- COWX I., 1994. Stocking strategies. *Fish. Mngmt. Ecol.*, 1,15-31.
- CUINAT R., 1971. Écologie et repeuplement des cours d'eau à truites. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 240-242-243, 87 p.
- DE LURY D.B., 1947. On the estimation of biological populations. *Biometrics*, 3, 145-167.
- ÉCOTEC, 1996. Etude du repeuplement en truites lacustres (*Salmo trutta f. lacustris*) dans 3 affluents du Léman : l'Aubonne, la Promenthouse et la Versoix. Rapport Écotec, 48 p.
- EUZENAT G., FOURNEL F., RICHARD A., 1991. La truite de mer (*Salmo trutta* L.) en Normandie/Picardie. Pp. 183-213. In BAGLINIÈRE J.-L. et MAISSE G. (Éds). La truite : biologie et écologie. INRA, Paris.
- GERDEAUX D., HAMELET V., 2001. Tableau de bord de la pêcherie du Léman dans le cadre des activités de l'A.P.E.R.A. Rapport SHL INRA Thonon, 192, 25 p.

- GUYOMARD R., 1991. Diversité génétique et gestion des populations naturelles de truite commune. Pp. 214-235 In : BAGLINIÈRE J.-L. et MAISSE G. Éd. La truite : biologie et écologie, INRA, Paris.
- HAUSER L., BEAUMONT A.R., MARSHALL G.T.H., WYATT R.J., 1991. Effects of trout stocking on the population genetics of landlocked brown trout (*Salmo trutta*) in the Conwy River system, North Wales, U.K.. *J. of Fish Biol.*, 39 (Sup. A), 109-116.
- JARVI T., HOMGREN K., RUBIN J.-F., PETERSSON E., LUNBERG S., GLIMSATER C., 1996. Newly-emerged *Salmo trutta* fry that migrate in the sea- an alternative choice of feeding habitat. *Nordic J. Freshw. Res.*, 72, 52-62.
- JONSSON B., JONSSON N., 1993. Partial migration : niche shift versus sexual maturation in fishes. *Reviews in Fish Biol. and Fish.*, 3, 348-365.
- LAIKRE *et al.*, 2000. Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. TROUTCONCERT, EU-FAIR CT 97-3882. (<http://www.dfu.min.dk/ffi/consreport/index.htm>)
- LAUNEY S., KRIEG F., CHAMPIGNEULLE A., GUYOMARD R., 2003. Écotypes sympatriques migrants et sédentaires de truite commune (*Salmo trutta* L.) : différenciation génétique et effet des repeuplements. Actes du colloque BRG « Le patrimoine génétique : la diversité et la ressource », La Chatre, 14-16 octobre 2003. (sous-presse).
- MELHAOUI M., 1985. Éléments d'écologie de la truite de lac (*Salmo trutta*) du Léman dans le système lac-affluents. Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Pierre-et-Marie-Curie, Paris, 127 p.
- NASLUND I. 1993. Migratory behaviour of brown trout (*Salmo trutta* L.) : importance of genetic and environmental influences. *Ecol. of Freshw. Fish*, 2, 51-57.
- NORTHCOTE T.G., 1969. Lakeward migration of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in the Upper Lardeau Rives, *British Columbia. J. Fish Res. Bd Can.*, 26, 33-45.
- NORTHCOTE T.G., 1992. Migration and residency in stream salmonids – some ecological considerations and evolutionary consequences. *Nordic J. Freshw. Res.*, 67, 5-17.
- RUHLE C., 1990. Déclin et restauration de la population de truites lacustres (*Salmo trutta lacustris* L.) du lac de Constance. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 319, 167-172.
- STUART T.A., 1953. Spawning migration, reproduction and young stages of loch trout (*Salmo trutta* L.). *Sci. Invest. Freshwat. Salm. Fish. Res. Scotl.*, 5, 39 p.
- VOLLESTAD L.A., HESTHAGEN T., 2001. Stocking of freshwater fish in Norway : management goals and effects. *Nordic J. Freshw. Res.*, 75, 141-152.

