ÉTUDE DE L'HABITAT DE LA TRUITE FARIO (*SALMO TRUTTA FARIO*). RÔLE DES CACHES ARTIFICIELLES ET NATURELLES DANS LES RIVIÈRES AMÉNAGÉES.

P. LIM*, G. SEGURA*, A. BELAUD*, Catherine SABATON**

* ENSA Toulouse, 145 avenue de Muret, 31076 TOULOUSE CEDEX

** EDF-DER, 6 quai Watier, 78401 CHATOU CEDEX

RÉSUMÉ

L'objectif est de quantifier le rôle des abris et caches des rivières aménagées sur le peuplement des truites fario.

L'étude s'est déroulée sur deux tronçons de cours d'eau pyrénéens : la PIQUE (altitude 920 m NGF) et le GER (altitude 390 m NGF), situés dans le département de la Haute-Garonne (31).

Pour les caches naturelles, nous avons expérimenté sur trois ensembles qui ont pu être transitoirement condamnés par des grillages : enrochement des berges, caves creusées sous les berges, et branchages. Ceci a pu être réalisé sur le GER.

Initialement, le secteur (avec tous ces types de caches) possède une densité moyenne de 2469 ind/ha pour une biomasse de 278 kg/ha. Quand l'accès aux caches est condamné, la densité se stabilise à 1000 ind/ha pour une biomasse d'environ 125 kg/ha, soit une diminution de l'ordre de 55 % en densité et en biomasse. Suivant les types de caches, la recolonisation, après 21 jours de réouverture des caches, est estimée entre 28 et 72 % pour la biomasse et entre 42 et 62 % pour la densité.

Pour les caches artificielles, six types de matériaux de construction (brique, tuile...) ont été expérimentés sur un tronçon de la PIQUE (dénudé de toute cache naturelle). Suivant les types de caches et leur disposition, la densité des truites varie de 3 à 23 ind/m² de cache, et de 0,09 à 0,2 ind/m² hors cache.

Parmi les matériaux utilisés, on observe une nette préférence pour les briques et, selon les dispositions testées, les meilleurs résultats sont obtenus avec les caches placées soit près des rives, soit dans la totalité du lit.

L'expérience a montré le rôle prépondérant des caches naturelles et artificielles sur le peuplement des truites dans un cours d'eau aménagé.

Mots-clés : truite fario, biomasse, cache, habitat, Pyrénées.

STUDY OF THE HABITAT OF BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA FARIO*). ROLE OF ARTIFICIAL AND NATURAL COVERS ON TROUT POPULATIONS.

ABSTRACT

The aim of this study was to quantify the role of various cover types and examine their selection by brown trout.

The study was developed on two river course sections in the Pyrénées : the river PIQUE (altitude 920 m NGF) and the river GER (altitude 390 m NGF), situated in the department of the Haute-Garonne (31).

For the natural cover, we have experimented on three sets which have been transitionally blocked by wire netting ; rocky river bank, undercut bank and woody debris. This has been performed on the river GER.

Initially, the sector, for all these types of covers, had an average density of 2469 ind/ha for a biomass of 278 kg/ha. When the access to the covers is protected, the density stabilises to 1000 ind/ha, being a decrease in the order of 55% in density and biomass. According to the type of cover, the recolonisation, after 21 days of reopening of the covers, is estimated between 28 and 72% for the biomass and between 42 and 62% for the density.

For the artificial covers, six types of building materials (brick, tile ...) have been experimented on the river PIQUE section (all natural covers having been removed). By type of covers and their location, the trout density varied from 3 to 23 ind/m² of cover, and from 0.09 to 0.2 ind/m² outside cover.

Among the material used, we observed a clear preference for brick and, depending on the dispositions tested, the best results have been obtained with the covers placed near the banks, or being in the totality of the bed.

The experiment has shown the major role the natural and artificial covers have on trout populations.

Key-words : brown trout, biomass, cover, habitat, Pyrénées.

1. INTRODUCTION

Les salmonidés vivent généralement dans les lacs et rivières situés en tête de bassin versant. Dans les rivières, la qualité de l'eau est la plupart du temps excellente et l'abondance des poissons dépend largement du débit, de ses variations, de la physico-chimie de l'eau et surtout de la structure physique du lit (BOUSSU, 1954 ; ALLEN, 1969 ; BAIN *et al.*, 1985 ; MILNER *et al.*, 1985 ; BOWLBY et ROFF, 1986). Ces rivières se caractérisent par une succession de pools, de radiers et de rapides avec des diversités de substrats, de profondeurs, de vitesses de courant, constituant ainsi une mosaïque d'habitats.

La truite fario, à un stade de vie donné, aura une préférence pour un type d'habitat qui correspond aux conditions les plus favorables à son développement (DEVORE et WHITE, 1978 ; BINNS et EISERMAN, 1979 ; WILZBACH, 1985 ; CUNJAK et POWER, 1986 ; NIELSEN, 1986 ; RALEIGH *et al.*, 1986 ; GRANT et NOAKES, 1987 ; HEGGENES, 1988 ; HEGGENES et TRAAEN, 1988 ; McMAHON et HARTMAN, 1989 ; NÄSLUND, 1989).

Cette préférence est appelée classiquement "préférendum d'habitat" qui n'est autre qu'un abri ou une cache (BOVEE, 1982 ; WESCHE *et al.*, 1987 ; BELAUD *et al.*, 1989 ; SOUCHON *et al.*, 1989 ; GRANT et KRAMER, 1990). Les "caches" peuvent être définies comme toute protection pour les poissons contre les forts courants et la prédation. Elles peuvent être de natures diverses : arbres rivulaires, sous-cave, végétation et objets submergés, objets flottants et zones turbulentes (GINGER, 1973). D'autres auteurs comme WILSON (1975), ITO (1978) cités par BACHMAN (1984) définissent la notion de territoire chez les truites en fonction des besoins pour la reproduction, (les refuges, l'alimentation, le rôle des caches plus ou moins important suivant leur emplacement par rapport à l'espace vital).

Notre étude se limitera à préciser le rôle du facteur "cache" sur le peuplement en truites d'un tronçon de rivière. Nous nous intéressons aux caches dites naturelles et aux caches dites artificielles. L'objectif est donc de quantifier le rôle de ces deux types de caches dans les rivières aménagées, sur le peuplement de truite fario. Sur le GER, les aménagements existants sont des enrochements qui protègent la berge (en rive droite) sans modification profonde du fonctionnement physique du cours d'eau. Pour la PIQUE, il existe une succession de seuils, dans un tronçon à débit réservé, créant des chutes d'eau d'environ 5 m de haut entre chaque bief.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude s'est déroulée en 1990 et 1991 sur 2 cours d'eau pyrénéens, la PIQUE, rivière à Salmonidés stricte, et le GER à Salmonidés dominants accompagnés de vairons et de chabots, situés dans le département de la Haute-Garonne.

Les caractéristiques succinctes de ces 2 rivières sont données sur la figure 1.

La PIQUE et le GER coulent sur un socle cristallin, contribuant à la faible minéralisation des eaux, la valeur moyenne de la conductivité aux secteurs étudiés est de l'ordre de 80 µS/cm pour la PIQUE et de 105 µS/cm pour le GER.

Le régime des eaux est de type pluvio-nival avec 2 périodes d'étiage très marquées (été-automne) et une période de hautes eaux lors de la fonte des neiges (printemps).

La PIQUE au secteur étudié est soumise à un débit régulé de l'ordre de 250 l/s et le GER présente un module de 2,7 m³/s.

CACHES NATURELLES (fig. 2)

L'expérience s'est déroulée sur la rivière GER (Haute-Garonne) entre la fin octobre et la fin décembre 1990. Le secteur considéré s'étend sur environ 120 mètres et présente trois groupes de caches principaux :

- ENROCHEMENT : malgré son caractère artificiel, cette entité peut être classée parmi les caches naturelles car elle se rapproche des gros blocs de rochers rencontrés à l'état naturel sur les berges et se situant 2 km environ en amont du secteur étudié. Située sur la rive gauche, d'une longueur de 37 m sur 2 m de large, elle est constituée de gros blocs de protection des berges.
- SOUS-CAVE ou SOUS-BERGE : cette appellation regroupe un abri creusé par le courant sous la berge et surmonté par une souche d'arbre ou par la rive elle-même. Situé sur la rive droite, il mesure 7,5 m de longueur pour une profondeur de 1,50 m.
- BRANCHAGES : ce terme désigne un entrelacs de branches et de petits troncs d'arbres accumulés le long de la rive. Cette cache, située sur la rive gauche, mesure 10,2 m sur 11 m.

Figure 2 : Le GER - cartographie du secteur étudié.

Figure 2 : River GER - map of the study sector.

Le déroulement de l'expérience peut se résumer comme suit :

- a) Evaluation de l'état initial du secteur : la densité, la biomasse des poissons et la structure de la population sont déterminées par pêche électrique pour chaque type de cache et pour le reste du secteur correspondant à chacun de ces groupes de caches.
- b) Suppression de l'accès aux trois groupes de caches : après avoir pêché et stocké les poissons dans les viviers, l'accès aux caches est supprimé le plus efficacement possible avec du grillage de vide de maille de 10 mm. Une fois l'aménagement des caches effectué, les poissons sont libérés dans tout le secteur d'étude.
- c) Réouverture progressive de l'accès aux différents types de caches : les grillages sont enlevés sur les caches BRANCHAGES, SOUS-CAVE et ENROCHEMENT. Après stabilisation du peuplement, on réalise une pêche électrique dans chaque cache et la portion de rivière correspondante : ceci permet d'estimer la recolonisation du secteur dont les caches ont été rouvertes.

L'estimation des superficies de chaque type de cache est donnée dans le tableau I.

Tableau I : Superficie des secteurs étudiés.

Table I : Surface area of the study sections.

	SURFACE TOTALE (m ²)	SURFACE UTILE DES CACHES (m ²)	OBSERVATIONS
ENROCHEMENT	37 x 6,5 = 240	37 x 2 = 74	l'enrochement représente 7,5% du secteur et 61% des caches
SOUS-CAVE	7,5 x 7,2 = 54	7,5 x 1,5 = 11	la zone sous-cave représente 1,6% du secteur et 13% des caches
BRANCHAGE	11 x 10,2 = 112	10,2 x 3 = 30	la zone branchage représente 3% du secteur et 25% des caches
ENSEMBLE DU SECTEUR	120 x 8,2 = 984	74 + 11 + 30 = 115 + environ 5 m ² de cache bordure (végétation) = 120	les caches représentent 12,2% de la surface totale du secteur

CACHES ARTIFICIELLES (fig. 3)

L'expérience s'est déroulée sur la rivière PIQUE en amont de Luchon (fig. 1). Le secteur choisi s'étend sur environ 240 mètres. Il est délimité en amont et en aval par une chute de plusieurs mètres de hauteur, infranchissable pour les truites. Ce tronçon a été divisé en deux parties :

- La partie aval (zone d'étude), qui mesure 130 mètres, reçoit les caches artificielles ; elle a été choisie car elle recelait essentiellement des caches naturelles sous forme de petits blocs qui ont pu être enlevés sans moyens mécaniques considérables.
- La partie amont, longue d'une centaine de mètres, constitue la "zone tampon" et comporte de nombreuses caches naturelles inamovibles sous forme de gros blocs.
- Une zone intermédiaire de 20 mètres, sans cache, avec un substrat de graviers et de galets, barrée par un tronc d'arbre de 40 cm de hauteur, sépare les deux parties.

Le secteur d'étude est subdivisé en 13 sous-secteurs de 10 mètres de long. Cette subdivision a été effectuée pour faciliter la cartographie des caches pour les différentes séquences. Pour chaque sous-secteur, des mesures de vitesse de courant et de profondeur par transect de 10 m ont été réalisées (Tableau II).

Sept types de caches artificielles en poteries creuses (matériaux de construction) ont été retenus. Les caractéristiques de ces caches sont données dans le tableau III. Les séquences de disposition des caches s'organisent de la façon suivante :

- séquence "RIVES" : toutes les caches sont disposées près des rives,
- séquence "MILIEU" : toutes les caches sont disposées au milieu de la rivière,
- séquence "MIXTE" : les caches sont disposées indifféremment au milieu de la rivière ou près des rives, au hasard.

Figure 3 : La PICQUE - cartographie du secteur étudié.
Figure 3 : River PICQUE - map of the study sector.

Tableau II : Profondeurs et vitesses dans les différents secteurs.
Table II : Water depth and velocity in study sections

SECTEUR	VITESSE (m/s)	PROFONDEUR (m)
1	0,15 - 1,04	0,20 - 2,50
2	0,30 - 0,44	0,15 - 0,25
3	0,13 - 0,30	0,10 - 0,50
4	0,08 - 0,33	0,20 - 0,50
5	0,10 - 0,30	0,10 - 0,15
6	0,10 - 0,30	0,10 - 0,20
7	0,05 - 0,35	0,18 - 0,35
8	0,05 - 0,52	0,10 - 0,40
9	0,07 - 0,70	0,15 - 0,28
10	0,05 - 0,20	0,10 - 0,20
11	0,29 - 0,75	0,10 - 0,22
12	0,44 - 0,56	0,15 - 0,30
13	0,25 - 0,56	0,11 - 0,25

Tableau III : Surface utile des caches artificielles.
Table III : Useful surface area of artificial covers.

TYPE DE CACHE	SURFACE UTILE (m²)
TUILE	0,08
CLAUSTRE SAOUDIEN	0,037
BRIQUE CREUSE	0,08
BLOC DE COFFRAGE	0,04
CLAUSTRE CUBIQUE	0,06
COQUILLE	0,063
APPUI FENÊTRE	0,045

Pour chaque séquence, les caches (composées de groupes de 2 à 7 éléments du même type) sont disposées dans chaque sous-secteur en essayant, autant que possible, de réaliser une disposition équivalente entre les sous-secteurs.

Exemple de la composition d'un sous-secteur : 2 groupes de 7 tuiles, 1 groupe de 2 claustrs, 1 groupe de 2 coquilles, 1 groupe de 3 briques, 1 groupe de 2 briques de coffrage, 1 groupe de 2 appuis fenêtre, 1 groupe de 3 cubes.

Pour chaque séquence, trois journées de travail ont été nécessaires :

- 1^{er} jour : vérification détaillée de la disposition des caches avec une remise en place si nécessaire suivant la cartographie détaillée.
- 2^{ème} jour : chaque cache est pêchée individuellement ; tous les poissons pris sont mesurés et notés cache par cache, puis reportés sur la carte. Après la pêche cache par cache, les poissons capturés étant mis de côté, une pêche systématique de tout le secteur d'étude est réalisée. Durant cette seconde pêche, tout le secteur étudié, y compris les caches, a été prospecté. Ceci permet de connaître le peuplement hors des caches.
- 3^{ème} jour : les caches sont réaménagées pour la séquence suivante suivie d'une cartographie.

Le matériel de pêche électrique utilisé est constitué par un groupe électrogène Electropullman avec cathode fixe et anode mobile :

- pour la pêche d'inventaire, nous avons utilisé la méthode de DE LURY : 2 passages successifs (420V, 2 A),
- pour la pêche particulière (séquences RIVE, MILIEU, MIXTE), la prospection se fait d'abord au niveau de chaque cache (150 V, 1,5 à 2 A) puis du reste du secteur (420 V, 2 A).

3. RÉSULTATS

CACHES NATURELLES

Le secteur étudié possède une superficie de 948 m² (120 m de long sur 8,20 m de large). Sur ce total, les caches représentent une surface de 120 m², ce qui correspond à 12,2 % de la surface totale. Les caractéristiques de chaque type de caches ainsi que les mesures morphodynamiques succinctes du secteur sont résumées dans la figure 2.

- **Etat initial (point 0) (tableau IV et fig. 4, 5, 8, 11)**

Les pêches d'inventaire du secteur étudié nous ont permis de constater que :

- la biomasse du secteur est de 278 kg/ha correspondant à une densité de 2469 truites/ha, soit 27,8 g/m² pour 0,2 truite/m². Cette valeur de biomasse peut être considérée comme forte par rapport aux cours d'eau de la région. Les populations du secteur étudié sont à la fois naturelles et artificielles comme dans tous ces cours d'eau ; naturelles, car il y a de nombreuses frayères en amont et en aval de ce secteur ; artificielles, par des déversements qui s'effectuent chaque année sous forme d'alevins de printemps (5-6 cm) et de truitelles d'automne (10-15 cm),
- par type de caches, la biomasse et la densité sont très importantes. Par ordre d'importance, on trouve : les SOUS-CAVE avec 7 truites/m² pour une biomasse de 732 g/m², les ENROCHEMENTS avec 1,3 truite/m² pour une biomasse de 179 g/m² et les BRANCHAGES avec 0,9 truite/m² pour une biomasse de 105 g/m² ; 83 % des poissons ont été pêchés dans ces caches contre 17 % hors des caches,
- la structure du peuplement est bien équilibrée avec deux pics importants : le premier entre 60 et 100 mm et le 2ème entre 160 et 220 mm. Enfin, 66 % de la population est pêchable (taille légale de capture de 18 cm).

- **Caches inaccessibles (caches cachées) (tab. V et fig. 6, 9, 12)**

Après avoir empêché les truites d'accéder aux caches en les barrant par des grillages, une pêche a été effectuée dans tout le secteur. Pour cette séquence, la biomasse et la densité sont deux fois moins importantes qu'elles ne le sont à l'état initial (125 kg/ha pour 1093 ind/ha).

- Zone SOUS-CAVE/hors cache : la biomasse est seulement de 122 g/m² et la densité seulement de 1 truite/m² soit, par rapport au point 0, une diminution de 31 % en biomasse et 46 % en densité.
- Zone ENROCHEMENT/hors cache : la biomasse est de 25,9 g/m² pour une densité de 0,19 ind/m² soit, par rapport au point 0, une diminution de 55 % en biomasse et 63 % en densité.
- Zone BRANCHAGES/hors cache : la biomasse est de 16,3 g/m² pour une densité de 0,24 ind/m² soit, par rapport au point 0, une diminution de 51 % en biomasse et 22 % en densité.

Tableau IV : Etat initial : biomasse et densité de truites, dans et hors cache, selon le type de cache.

Table IV : Preliminary survey : biomass and density of trouts in and outside covers according to cover type.

LE GER				
ETAT INITIAL	SOUS-CAVE	ENROCHEMENT	BRANCHAGE	SECTEUR TOTAL
Biomasse	cache (11 m²) : 732 g/m² - 7329 kg/ha secteur* (54 m²) : 176 g/m² - 1763 kg/ha	cache (74 m²) : 179 g/m² - 1798 kg/ha secteur* (240 m²) : 58 g/m² - 586 kg/ha	cache (30 m²) : 105 g/m² - 1052 kg/ha secteur* (112 m²) : 33 g/m² - 330 kg/ha	secteur (984 m²) : 28 g/m² - 278 kg/ha
Densité	cache (11 m²) : 7,0 ind/m² - 70000 ind/ha secteur* (54 m²) : 1,9 ind/m² - 19074 ind/ha	cache (74 m²) : 1,3 ind/m² - 1870 ind/ha secteur* (240 m²) : 0,5 ind/m² - 514,7 ind/ha	cache (30 m²) : 0,9 ind/m² - 9000 ind/ha secteur* (112 m²) : 0,3 ind/m² - 3125 ind/ha	secteur (984 m²) : 0,2 ind/m² - 2469 ind/ha

Tableau V : Caches inaccessibles : biomasse et densité de truites dans et hors cache selon le type de cache.

Table V : Covers isolated : biomass and density of trout in and outside covers according to cover type.

LE GER				
CACHES INACCESSIBLES	SECTEUR TOTAL (984 - 115 = 869 m²)	SOUS-CAVE (43 m²)	ENROCHEMENT (166 m²)	BRANCHAGE (82 m²)
Biomasse	secteur : 15,5 g/m² - 125 kg/ha	hors cache : 122 g/m² - 1220 kg/ha soit une diminution de 31 % (par rapport au point 0 du secteur)	hors cache : 25,9 g/m² - 259 kg/ha soit une diminution de 55 % (par rapport au point 0 du secteur)	hors cache : 16,3 g/m² - 163 kg/ha soit une diminution de 51 % (par rapport au point 0 du secteur))
Densité	secteur : 0,1 ind./m² - 1093 ind./m²	hors cache : 1,0 ind/m² - 10230 ind/ha soit une diminution de 46 % (par rapport au point 0 du secteur)	hors cache : 0,2 ind/m² - 1870 ind/ha soit une diminution de 63 % (par rapport au point 0 du secteur))	hors cache : 0,2 ind/m² - 2439 ind/ha soit une diminution de 22 % (par rapport au point 0 du secteur))

Figure 4 : Le GER - Histogramme des tailles des truites pêchées dans tout le secteur.

Figure 4 : River GER - Length-classes of trouts caught in the study sector.

Figure 5 : Point zéro - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur sous-cave.

Figure 5 : Preliminary survey - Length-classes of trouts caught in the undercut bank section.

Figure 8 : Point zéro - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur enrochement.

Figure 8 : Preliminary survey - Length-classes of trouts caught in the rocky bank section.

Figure 11 : Point zéro - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur branchage.

Figure 11 : Preliminary survey - Length-classes of trouts caught in the wood debris section.

Figure 6 : Caches inaccessibles - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur sous-cave.
Figure 6 : Covers isolated - Length-classes of trouts caught in the undercut bank section.

Figure 9 : Caches inaccessibles - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur enrochement.
Figure 9 : Covers isolated - Length-classes of trouts caught in the rocky bank section.

Figure 12 : Caches inaccessibles - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur branchage.
Figure 12 : Covers isolated - Length-classes of trouts caught in the wood debris section.

• **Recolonisation (tab. VI et fig. 7, 10, 13)**

Vingt-et-un jours après la réouverture des caches, des pêches ont été effectuées pour quantifier la recolonisation des différentes caches.

— **SOUS-CAVE** : on constate que la biomasse est de 526 g/m² pour une densité de 3,09 truites/m² ; par rapport à l'état initial, ces valeurs ne constituent que 72 % en biomasse et 44 % en densité. Du point de vue de la structure du peuplement, l'examen de l'histogramme des classes de taille fait ressortir un nombre de truites de grande taille plus important que celui des individus de petite taille.

— **ENROCHEMENT** : on constate que la biomasse est de 68 g/m² de cache, ce qui représente 38 % de la biomasse initiale, et que la densité, qui est de 0,58 ind/m², ne représente que 45 % de la densité initiale. Par rapport à la séquence intermédiaire (caches inaccessibles), la biomasse a plus que doublé (facteur de gain 2,6) et la densité plus que triplé (facteur de gain 3,2). La structure du peuplement reste similaire entre les trois expériences.

— **BRANCHAGES** : la biomasse dans la cache est de 44,8 g/m², ce qui constitue 43 % de la biomasse initiale. La densité est de 0,56 ind/m² soit 62 % de la densité initiale. La phase de recolonisation pour cette cache concerne essentiellement les truites de petite taille et de taille moyenne.

Par rapport à la phase intermédiaire (caches inaccessibles), la recolonisation a un facteur de gain 2,8 en biomasse et 2,3 en densité.

Tableau VI : Recolonisation : biomasse et densité de truites dans et hors cache selon le type de cache.

Table VI : Recolonisation : biomass and density of trouts in and outside covers according to cover type.

LE GER						
RECOLONISATION	SOUS-CAVE		ENROCHEMENT		BRANCHAGE	
	t0	t+21 j	t0	t+21 j	t0	t+21 j
Biomasse	732 g/m²	526 g/m²	179 g/m²	68 g/m²	105 g/m²	45 g/m²
	recolonisation de la cache : 72% de la biomasse par rapport à t0		recolonisation de la cache : 38% de la biomasse par rapport à t0		recolonisation de la cache : 43% de la biomasse par rapport à t0	
Densité	1,3 ind/m²	0,6 ind/m²	7,0 ind/m²	3,1 ind/m²	0,9 ind/m²	0,6 ind/m²
	recolonisation de la cache : 44% de la densité par rapport à t0		recolonisation de la cache : 45% de la densité par rapport à t0		recolonisation de la cache : 62% de la densité par rapport à t0

Figure 7 : Recolonisation - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur sous-cave.
Figure 7 : Recolonisation - Length-classes of trouts caught in the undercut bank section.

Figure 10 : Recolonisation - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur enrochement.
Figure 10 : Recolonisation - Length-classes of trouts caught in the rocky bank section.

Figure 13 : Recolonisation - Histogramme des tailles des truites pêchées dans le secteur branche.
Figure 13 : Recolonisation - Length-classes of trouts caught in the wood debris section.

Commentaires sur les caches naturelles

L'étude réalisée sur les caches naturelles montre une hiérarchisation de la valeur des caches ; les préférences des truites pourraient donc s'établir, en partant du meilleur type de cache, de la façon suivante :

- a) SOUS-CAVE : la biomasse initiale est de 732 g/m² pour une densité de 7 ind/m². S'il est privé de caches, ce secteur voit sa biomasse et sa densité chuter respectivement de 31 % et de 46 %.

La recolonisation est la plus rapide si l'on compare aux autres types de caches. On notera que cette cache est recolonisée préférentiellement par de gros poissons. Après 21 jours de réouverture, la densité observée n'est que de 44 % de sa valeur initiale contre 72 % pour la biomasse.

- b) ENROCHEMENT : la biomasse initiale est de 179 g/m² pour une densité de 1,3 ind/m². En absence de cache, la biomasse et la densité du secteur chutent respectivement de 55 % et 63 % environ. La recolonisation (38 % pour la biomasse et 45 % pour la densité, par rapport aux valeurs initiales) est plus faible que celle des caches sous-cave.

- c) BRANCHAGES : parmi les trois types de caches étudiées, la colonisation de ce type de cache est la plus faible. Initialement, sa biomasse est de 105 g/m² correspondant à 0,9 ind/m². En absence de cache, la biomasse et la densité du secteur chutent respectivement de 51 % et 22 % par rapport au point zéro.

L'ensemble du secteur étudié voit ainsi sa biomasse et sa densité chuter d'environ 55 % lorsque l'accès aux 3 types de caches est fermé.

CACHES ARTIFICIELLES

• Etat initial (point 0)

Un inventaire piscicole, selon la méthode de DE LURY, a été effectué sur tout le tronçon étudié. Les résultats sont résumés ci-dessous :

Rivière : la PIQUE.

Secteur : amont Luchon - Date : 13 juillet 1990.

Longueur pêchée : 250 m - Largeur moyenne : 7,30 m - Surface pêchée : 1825 m².

Densité/m² : 0,27 individu - Densité à l'hectare : 2767 individus.

Biomasse/m² : 5,9 g - Biomasse à l'hectare : 59,1 kg.

Truites pêchables (taille légale de capture de 18 cm) : 9,4 %.

L'examen de l'histogramme montre que toutes les classes d'âge sont représentées, de l'alevin de l'année (40 mm) jusqu'aux individus de 280 mm (figure 14). La population de truites fario de ce secteur peut être considérée comme équilibrée. Cette population pourrait être considérée comme naturelle car il y a présence de nombreuses frayères dans le secteur étudié et, durant la période d'étude, aucun déversement n'a été effectué.

Figure 14 : La PIQUE - Histogramme des tailles des truites pêchées dans tout le secteur.

Figure 14 : River PIQUE - Length-classes of trouts caught in the study sector.

• Séquence RIVES

Pour cette séquence, les sept types de caches sont disposés sur les rives. Les résultats sont donnés dans les tableaux VII et VIII, et les figures 15 et 16 montrent la structure du peuplement des truites pêchées dans les caches et hors des caches.

Tableau VII : Séquence RIVE : surface totale des caches artificielles, nombre, poids, longueur moyenne, densité et biomasse des truites pêchées par type de cache.

Table VII : Covers near the bank : total surface area of artificial cover, number, weight, mean length, density and biomass of trouts caught per type of cover.

SEQUENCE RIVES	NOMBRE	SURF.UNITAIRE (m²)	SURF.TOT (m²)	NB. TRUITES	POIDS (g)	TAILLE MOY. (mm)	DENSITE (ind/m²)	BIOMASSE (g/m²)
TUILE	189	0.06	15.1	103	2042	106	6.61	135.05
CLAUSTRE	31	0.074	2.3	36	556	96	15.69	242.37
COQUILLE	28	0.045	1.3	14	127	63	11.11	100.79
BRIQUE	41	0.08	3.3	56	900	104	17.07	274.39
B. COFFRAGE	35	0.04	1.4	23	216	85	16.43	154.29
APPUI F.	17	0.063	1.1	19	469	113	17.74	437.91
CUBE	49	0.06	2.9	20	364	96	6.80	123.61
TOTAUX	390		27.4	271	4874	102		

Tableau VIII : Séquence RIVE : superficie globale des caches, nombre, pourcentage, densité et biomasse de truites dans et hors cache.

Table VIII : Covers near the bank : total surface area of covers, number, percentage, density and biomass of trouts in and outside cover.

SEQUENCE RIVES	SUPERFICIE (m²)	% SURFACE	NB TRUITES	% TRUITES	DENSITE (ind/m²)	BIOMASSE (g/m²)
CACHES	27.37	2.81	271	70.21	9.90	170.60
HORS CACHES	945	97.19	115	29.79	0.12	2.19
SOUS-SECTEUR TOTAL	972.37	100.00	386	100	0.40	6.94

Figure 15 : Séquence RIVE - Histogramme des tailles des truites pêchées dans les caches.

Figure 15 : Covers near the bank - Length-classes of trouts caught in covers.

Figure 16 : Séquence RIVE - Histogramme des tailles des truites pêchées hors cache.

Figure 16 : Covers near the bank - Length-classes of trouts caught outside cover.

La superficie totale des caches est de 27,5 m², ce qui représente 2,8 % de la surface mouillée du secteur étudié. Par type de cache, on compte 15 m² pour les tuiles et une moyenne de 2 m² pour chacun des six autres.

La densité, toutes caches confondues, est de :

9,9 ind/m² pour une biomasse de 170 g/m² de caches,

0,12 ind/m² pour une biomasse de 2,19 g/m² hors caches.

On compte, au total, 70 % de poissons capturés dans les caches et 30 % hors caches.

Par type de cache, on observe :

- BRIQUES, APPUIS FENETRE, BRIQUES de COFFRAGE et CLAUSTRES, avec une densité de truites comprise entre 15,7 et 17,7 ind/m² pour une biomasse variant de 155 à 438 g/m².
- COQUILLES, avec une densité de 11 ind/m² pour une biomasse de 100 g/m².
- CUBES et TUILES, avec une densité de 6,8 ind/m² pour une biomasse de 129 g/m².

• Séquence MILIEU

Les sept types de caches sont disposés uniquement au milieu de la rivière. Les résultats sont donnés dans les tableaux IX et X et les figures 17 et 18. La superficie totale des caches est de 19 m², ce qui représente 2 % de la surface mouillée du secteur étudié.

Tableau IX : Séquence MILIEU : surface totale des caches artificielles, nombre, poids, longueur moyenne, densité et biomasse des truites pêchées par type de cache.

Table IX : Covers in the middle of the bed : total surface area of artificial cover, number, weight, mean length, density and biomass of trouts caught per type of cover.

SEQUENCE MILIEU	NOMBRE	SURF.UNITAIRE (m²)	SURF.TOT (m²)	NB. TRUITES	POIDS (g)	TAILLE MOY. (mm)	DENSITE (ind/m²)	BIOMASSE (g/m²)
TUILE	114	0.06	9.1	28	674	123	3.07	73.90
CLAUSTRE	29	0.074	2.1	13	336	128	6.06	156.37
COQUILLE	28	0.045	1.2	11	130	97	9.40	111.11
BRIQUE	28	0.06	2.1	22	960	131	10.56	276.85
B. COFFRAGE	37	0.04	1.5	17	456	128	11.49	306.11
APPUI F.	16	0.063	1.0	11	178	110	10.81	176.59
CUBE	37	0.06	2.2	15	348	123	6.76	156.76
TOTAUX	285		19.2	117	2702	122		

Tableau X : Séquence MILIEU : superficie globale des caches, nombre, pourcentage, densité et biomasse de truites dans et hors cache.

Table X : Covers in the middle of the bed : total surface area of covers, number, percentage, density and biomass of trouts in and outside cover.

SEQUENCE MILIEU	SUPERFICIE (m²)	% SURFACE	NB TRUITES	% TRUITES	DENSITE (ind/m²)	BIOMASSE (g/m²)
CACHES	19.22	1.99	117	58.50	6.09	140.55
HORS CACHES	945	98.01	83	41.50	0.09	1.73
SOUS-SECTEUR TOTAL	964.22	100.00	200	100	0.21	4.49

Figure 17 : Séquence MILIEU - Histogramme des tailles des truites pêchées dans les caches.

Figure 17 : Covers in the middle of the bed - Length-classes of trouts caught in covers.

Figure 18 : Séquence MILIEU - Histogramme des tailles des truites pêchées hors cache.

Figure 18 : Covers in the middle of the bed - Length-classes of trouts caught outside cover.

La densité, toutes caches confondues, est de :

6 ind/m² pour une biomasse de 140 g/m² dans les caches,
0,09 ind/m² pour une biomasse de 1,73 g/m² hors des caches.

On compte, au total, 58 % de poissons capturés dans les caches et 42 % hors des caches.

- Par type de cache, on observe :
- BRIQUES, APPUIS FENETRE, BRIQUES de COFFRAGE, avec une densité comprise entre 10,5 et 11,5 ind/m² pour une biomasse comprise entre 170 et 310g/m².
 - COQUILLES, CLAUSTRES et CUBES, avec une densité de 6 à 9 ind/m² pour une biomasse de 111 à 156 g/m².
 - TUILES, avec une densité de 3 ind/m² pour une biomasse de 73 g/m².

• Séquence MIXTE

Les 7 types de caches sont disposés aussi bien sur les deux rives qu'au milieu du cours d'eau. Les résultats sont donnés dans les tableaux XI et XII et les figures 19 et 20.

La superficie utile des caches est de 28,5 m², ce qui représente 2,9 % de la surface mouillée du secteur.

La densité, toutes caches confondues, est de :

12,5 ind/m² pour une biomasse de 223 g/m² dans les caches,
0,2 ind/m² pour une biomasse de 2 g/m² hors des caches.

On compte, au total, 65 % de truites capturées dans les caches, pour 35 % hors des caches.

- Par type de cache, on observe :
- BRIQUES et CLAUSTRES : densité supérieure à 20 ind/m² pour une biomasse comprise entre 389 et 487 g/m².
 - APPUIS FENETRE et BRIQUES de COFFRAGE : densité de 19 ind/m² pour une biomasse comprise entre 300 et 322 g/m².
 - COQUILLES et CUBES : densité 14 et 11 ind/m² pour une biomasse de 170 g/m².
 - TUILES : densité 8 ind/m² pour une biomasse de 142 g/m².

Tableau XI : Séquence MIXTE : surface totale des caches artificielles, nombre, poids, longueur moyenne, densité et biomasse des truites pêchées par type de cache.

Table XI : Covers in the totality of the bed : total surface area of artificial cover, number, weight, mean length, density and biomass of trouts caught per type of cover.

SEQUENCE MIXTE	NOMBRE	SURF.UNITAIRE (m²)	SURF.TOT (m²)	NB. TRUITES	POIDS (g)	TAILLE MOY. (mm)	DENSITE (ind/m²)	BIOMASSE (gm²)
TUILE	196	0.06	15.6	125	2256	103	7.89	142.55
CLAUSTRE	30	0.074	2.2	47	664	101	21.17	389.19
COQUILLE	35	0.045	1.6	22	268	90	13.97	170.16
BRIQUE	42	0.06	3.4	79	1636	110	23.51	487.50
B. COFFRAGE	37	0.04	1.5	27	444	101	16.24	300.00
APPUI F.	20	0.063	1.3	25	406	99	19.64	322.22
CUBE	46	0.06	2.6	31	474	99	11.23	171.74
TOTAUX	408		28.5	356	6352	103		

Tableau XII : Séquence MIXTE : superficie globale des caches, nombre, pourcentage, densité et biomasse de truites dans et hors cache.

Table XII : Covers in the totality of the bed : total surface area of covers, number, percentage, density and biomass of trouts in and outside cover.

SEQUENCE MIXTE	SUPERFICIE (m²)	% SURFACE	NB TRUITES	% TRUITES	DENSITE (ind/m²)	BIOMASSE (gm²)
CACHES	28.50	2.93	356	64.61	12.49	222.92
HORS CACHES	945	97.07	195	35.39	0.21	2.00
SOUS-SECTEUR TOTAL	973.50	100.00	551	100	0.57	8.47

Figure 19 : Séquence MIXTE - Histogramme des tailles des truites pêchées dans les caches.

Figure 19 : Covers in the totality of the bed - Length-classes of trouts caught in covers.

Figure 20 : Séquence MIXTE - Histogramme des tailles des truites pêchées hors cache.

Figure 20 : Covers in the totality of the bed - Length-classes of trouts caught outside cover.

Commentaires sur les caches artificielles

- L'étude des caches artificielles, avec les séquences RIVE, MILIEU et MIXTE montre que :
- Suivant leur **EMPLACEMENT**, le taux de fréquentation des caches varie de 50 à 70 %. L'emplacement qui donne le meilleur résultat est la séquence RIVE (70 %) suivie de la séquence MIXTE (65 %), la moins bonne étant la séquence MILIEU (58 %). Dans tous les cas, 30 à 42 % des truites fario se trouvent hors des caches.
 - Suivant les types de caches, la densité varie de 3 à 23 truites par m² de cache.

De toutes les séquences de pose confondues et par unité de surface (m²), on peut classer les types de caches par ordre de préférence et pour une moyenne de 3 séquences :

- **BRIQUES** : 17 ind/m² pour 346 g/m².
- **APPUIS FENETRE** : 16 ind/m² pour 312 g/m².
- **BRIQUES de COFFRAGE** : 15 ind/m² pour 254 g/m².
- **CLAUSTRES** : 14 ind/m² pour 262 g/m².
- **COQUILLES** : 11 ind/m² pour 126 g/m².
- **CUBES** : 6 ind/m² pour 150 g/m².
- **TUILES** : 6 ind/m² pour 117 g/m².

De ces résultats, une hiérarchie semble se dégager de ces différents types de caches artificielles, qu'on pourrait expliquer comme suit :

- **BRIQUES, APPUIS FENETRE et CLAUSTRES** semblent être les caches les plus appréciées des truites. Pour les **BRIQUES**, les résultats semblent logiques car ce type de cache, percé de trous longs mais petits en diamètre, brise bien le courant et est rapidement colonisé dans un premier temps par les macroinvertébrés et les truites par la suite. Pour les **APPUIS FENETRE**, la faible épaisseur de ces caches, qui se plaquent bien au fond dans la couche où la vitesse du courant est faible, peut expliquer la bonne colonisation obtenue.
- Pour les **BRIQUES de COFFRAGE**, la colonisation dépend de leur localisation (excellente dans la séquence MILIEU, et seulement en quatrième position dans la séquence MIXTE).
- Les caches les moins colonisées ont été en général les **TUILES**, les **CUBES** et les **COQUILLES**. Ces résultats sont assez prévisibles pour ces trois types de caches, car elles offrent peu d'abris face au courant et se fixent mal sur un substrat lisse.

4. CONCLUSION

L'étude réalisée sur les caches nous permet de répondre aux objectifs fixés :

CACHES NATURELLES

Aux questions :

1. Quelle est la surface des caches naturelles sur une rivière pyrénéenne de faible altitude par rapport à la surface totale du secteur considéré ?

Réponse : Les caches (tous types confondus) représentent environ 12 % de la surface mouillée d'un secteur considéré.

2. Quelles sont les densité et biomasse des truites dans les différents types de caches naturelles ?

Réponse :

ENROCHEMENT (protection berge - abri courant) : 1,3 ind/m² pour 179 g/m²

SOUS-CAVE (creusement des berges avec racines d'arbres) : 7,0 ind/m² pour 732 g/m².

BRANCHAGES : 0,9 ind/m² pour 105 g/m².

Les préférences des truites vis-à-vis des caches sont les suivantes : SOUS-CAVE, ENROCHEMENT, BRANCHAGES.

3. Quelles sont les densité et biomasse des truites dans une rivière avec caches et sans cache ?

Réponse : Secteur avec caches : 2469 ind/ha pour 278 kg/ha,

Secteur où les caches sont inaccessibles : 1093 ind/ha pour 125 kg/ha,

soit une diminution d'environ 55 % en densité et en biomasse quand on enlève les caches dans un secteur de cours d'eau.

Nous rappelons que ces résultats proviennent de mesures immédiates, sans prédiction des effets à long terme qui pourraient être attendus.

4. Quelle est la recolonisation des truites après réouverture des caches ?

Réponse : Par rapport à la situation initiale, selon les types de caches, la recolonisation, après 21 jours de réouverture des caches, est estimée entre 38 et 72 % pour la biomasse et entre 43 et 62 % pour la densité.

La recolonisation tardive semble liée à la présence d'abris abondants en amont et en aval du secteur étudié. Ceci confirme le comportement sédentaire des truites constaté par MILLER (1957) qui enregistre 67% de recapture dans un même pool et estime la limite des territoires des truites à 200 m, ceci étant valable pour les jeunes et pour les adultes (SOLOMON et TEMPLETON, 1976).

CACHES ARTIFICIELLES

Aux questions :

1. Quelle est la meilleure disposition des caches dans un cours d'eau où les caches naturelles sont absentes ?

Réponse : Parmi les séquences testées, RIVE, MILIEU, MIXTE, les meilleurs résultats sont obtenus avec les séquences MIXTE et RIVE. Entre ces deux séquences, il y a très peu de différence et ceci est très important car, dans l'optique d'un aménagement de rivière par cache artificielle afin d'augmenter la densité et la biomasse, le gain de temps est appréciable si l'installation des caches se fait seulement près des rives.

2. Quelles sont les préférences des truites pour les différents types de caches artificielles ?

Réponse : Les *BRIQUES* et les *APPUIS FENETRE* semblent être les caches les plus appréciées des truites. Les densité et biomasse y sont plus élevées. Au point de vue pratique et économique, l'avantage est donné aux *BRIQUES* qui coûtent sept fois moins cher que les *APPUIS FENETRE* et présentent une surface utile et un poids assurant une bonne stabilité dans le cours d'eau.

3. Quelle est la densité des truites par mètre carré de cache ?

Réponse : Suivant les types de caches et suivant les séquences, la densité des truites varie de 3 à 23 ind/m². En dehors des caches, elle varie de 0,09 à 0,2 ind/m². Il est donc indéniable que le rôle des caches est très important pour les truites, quel que soit leur stade de vie.

Malgré ces résultats très intéressants, nous émettons néanmoins quelques réserves concernant :

- l'efficacité de la pêche électrique, pour une telle étude, qui est toujours entachée d'un biais, si bien que l'on a tendance à surestimer la colonisation des caches ;
- la répétition de l'expérience, qu'on pourrait effectuer sur des cours d'eau moins productifs (biomasse et densité plus faibles) ;
- la répétition de l'expérience sur différentes époques de l'année ;
- un temps de stabilisation plus long, souhaitable entre les séquences d'étude.

En conclusion, l'installation de caches dans un secteur de cours d'eau est sûrement positive au niveau de la portion aménagée en apportant un gain de densité et de biomasse. Cependant, un bilan à long terme sur l'ensemble du cours d'eau pourrait montrer que, en fait, ces variations pourraient provenir de déplacements d'individus entre différents secteurs comme l'a constaté HUNT (1976).

Le choix électif des caches et leur rôle fondamental ne sont plus à démontrer mais les caches ne constituent qu'un maillon dans l'équilibre général de la rivière, les caches seules ne suffisent pas à corriger les effets perturbants provoqués par des aménagements physiques ou des altérations d'ordre hydraulique.

5. REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par EDF-DER à Chatou (Yvelines) dans le cadre de l'étude sur les débits réservés. Nous remercions la F.D.A.A.P.P. de la Haute-Garonne pour sa collaboration.

6. BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN K.R., 1969. Limitations on production in salmonid populations in streams. *Symposium on Salmon and trout in stream*. Northcote T.G. ed. H.R. McMillan Lectures in Fisheries, 3-18, Univ. of Brit. Col. Vancouver.
- BACHMAN R.A., 1984. Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in a stream. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113, 1-32.
- BAIN M.B., FINN J.F., BOOKE H.E., 1985. Quantifying stream substrate for habitat analysis studies. *N. Amer. J. Fish. Mgmt.*, 5, 499-506.
- BELAUD A., CHAVEROCHE P., LIM P., SABATON C., 1989. Probability of use curves applied to brown trout (*Salmo trutta* L.) in river of Southern France. *Reg. Riv.*, 3, 321-336.
- BINNS N.A., EISERMAN F.M., 1979. Quantification of fluvial trout habitat in Wyoming. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 108, 215-228.
- BOUSSU M.F., 1954. Relationship between trout populations and cover on a small stream. *Jour. Wildl. Mgt.*, 18, 229-239.

- BOVEE K., 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream Flow Incremental Methodology. *Inst. Flow Inf. Pap.* 12, USDI Fish. Wildl. serv. FWS/OBS-82/26, 248 p.
- BOWLBY J.N., ROFF F.C., 1986. Trout biomass and habitat relationships in Southern Ontario streams. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 115, 503-514.
- CUNJAK R.A., POWER G., 1986. Winter habitat utilization by stream resident brook trout (*Salmo trutta*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 1970-1981.
- DEVORE P.W., WHITE R.J., 1978. Daytime responses of brown trout (*Salmo trutta*) to cover stimuli in stream channel. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 763-771.
- GINGER R.D., 1973. Streamflow requirements of salmonids. Oregon Wildlife Commission, Job Final Report, Project AFS 62-1, 117 p.
- GRANT J.W.A., KRAMER D.L., 1990. Territory size as a predictor of the Upper Limit to population density of juvenile salmonids in streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 1724-1737.
- GRANT J.W.A., NOAKES D.L.G., 1987. A simple model of optimal territory size for drift-feeding fish. *Can. J. Zool.*, 65, 270-276.
- HEGGENES J., 1988. Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) in riverine systems. *Nordic. J. Freshw. Res.*, 64, 74-90.
- HEGGENES J., TRAAEN T., 1988. Daylight responses to overhead cover in stream channels for fry of four salmonid species. *Holarctic Ecology*, 11, 94-201.
- HUNT R.L., 1976. A long term evaluation of trout habitat development and its relation to improving management-related research. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 3, 361-364
- McMAHON T.E., HARTMAN G.F., 1989. Influence of cover complexity and current velocity on winter habitat use by juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46, 1551-1557.
- MILLER R.B., 1957. Permanence and size of home territory in stream-dwelling cutthroat trout. *Journal of the Research Board of Canada*, 14, 687-691.
- MILNER N.J., HEMSWORTH R.J., JONES B.E., 1985. Habitat evaluation as a fisheries management tool. *J. Fish Biol.*, 27 (suppl. A), 85-108.
- NÄSLUND I., 1989. Effects of habitat improvement on the brown trout, *Salmo trutta* L., population of a northern Swedish stream. *Aquaculture and fisheries Management*, 30, 463-474
- NIELSEN G., 1986. Dispersion of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to stream cover and water depth. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 33, 475-488.
- RALEIGH R.F., ZUCKERMAN L.D., NELSON P.C., 1986. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves : brown trout. *USDI Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep.*, 82, 10-24.
- SOLOMON D.J., TEMPLETON R.G., 1976. Movements of brown trout *Salmo trutta* L. in a chalk stream. *J. Fish. Biology*, 9, 411-423.
- SOUCHON Y., TROCHERIE F., FRAGNOUD E., LACOMBE C., 1989. Les modèles numériques des microhabitats des poissons : application de nouveaux développements. *Rev. Sci. Eau*, 2, 777-792.
- WESCHE T.A., GOERTLER C.M., HUBERT W.A., 1987. A modified habitat suitability index model for brown trout in Southeastern Wyoming. *N. Amer. J. Fish. Mgmt.*, 7, 232-237.
- WILZBACH M.A., 1985. Relative roles of food abundance and cover in determining the habitat distribution of stream-dwelling cutthroat trout (*Salmo clarki*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 1668-1672.