

4. Matériel et Méthodes générales

4.1. Capture des ombres

4.1.1. Pêche électrique

Dans les rivières étudiées, les ombres ont été capturés essentiellement par pêche électrique (BOHLIN et al., 1989). L'appareil principalement employé a été une génératrice EL64 commutable 350/600 V, type Kleiner (Leroy Sommer, D-8240 Schönau). Cet appareil électrique a été utilisé avec une seule électrode (anode), la cathode étant disposée dans l'eau près de la génératrice. Le personnel nécessaire à la réalisation d'une pêche électrique se compose d'un garde-pêche maniant l'électrode, d'une à deux personnes ramassant les poissons attirés avec des épuisettes, ainsi que deux à trois personnes pour la récolte et le transport du poisson vers les lieux de prises de données. Tous les ombres capturés par pêche électrique ont été relâchés dans le secteur de rivière où ils ont été pris. On peut distinguer trois techniques de pêche électrique pour un même secteur : une pêche unique, deux pêches avec un intervalle de temps de quatre à cinq heures, et deux pêches successives.

Pour la première technique, lors d'une journée de capture, les secteurs de rivières ont été pêchés une fois. Cette méthode permet uniquement la récolte de données biométriques et le marquage des poissons.

La deuxième technique permet également la récolte de données, mais elle offre la possibilité de faire des estimations d'effectifs par capture-recapture (chapitre 5). Lors de la première pêche du secteur étudié, les données sont récoltées et les poissons marqués. Lors de la seconde pêche du secteur, on note si chaque ombre est marqué ou non. Ceux qui ne portent pas de marque sont alors marqués.

Dans quelques rares occasions, la troisième technique a été appliquée. Le même secteur a été pêché deux fois successivement en gardant les poissons entre les deux passages (chapitre 5). C'est une autre technique d'estimation d'effectifs.

La liste des différentes espèces de poissons capturées dans les secteurs étudiés est présentée à l'annexe n°2.

4.1.2. Pêche aux filets

Les ombres ont été capturés à l'embouchure de la Lionne et dans le Lac de Joux avec un ou plusieurs filets. Le filet utilisé a une dimension de 100 m de longueur par 2 m de hauteur. Les

mailles mesurent 30 mm. Le filet coule en restant vertical et le bas du filet se pose sur le fond du lac. Il est mis à l'eau pour une durée de 10 minutes. Il ferme l'embouchure. Les ombres situés entre l'embouchure et le filet sont dirigés dans le filet par battue. Ensuite il est relevé et les poissons sont récoltés vivants. Aucune mortalité n'a été relevée. Cette technique de pêche est réalisée par un pêcheur professionnel (J.-D. Meylan) qui dispose et relève le filet depuis son embarcation. Cette opération est répétée deux à trois fois. Les ombres sont ensuite ramenés au bord du lac où la récolte des données biométriques et le marquage ont lieu.

4.1.3. Autres techniques de capture

Pendant la période de reproduction des ombres, quelques individus ont pu être capturés grâce à des pêcheurs de loisir. Ces ombres ont été marqués et leur longueur mesurée. Ils ont ensuite été relâchés immédiatement sur leur lieu de capture.

Des tentatives de captures d'ombres à l'aide d'une nasse en période de migration ont été effectuées. La nasse a été mise à l'eau pendant 1 mois (5.3. au 3.4.1997). Huit poissons ont été capturés : un ombre adulte (334 mm), trois chevaines (*Leuciscus cephalus*) et quatre truites (*Salmo trutta*). L'ombre a été marqué, mesuré et relâché comme les autres poissons.

4.2. Données biométriques

Avant la prise des mesures biométriques, les ombres sont anesthésiés avec du 2-Phénoxi-Etanol à une concentration de 0,25 ml/l d'eau. La longueur totale des ombres est mesurée au mm près selon la méthode de RICKER (1968), c'est-à-dire de l'extrémité de la tête à l'extrémité du plus grand lobe de la nageoire caudale. Les poissons sont pesés à 2 g près avec une balance Téraillon BE3. Le sexe des individus a pu être déterminé lors des captures effectuées pendant la reproduction naturelle et lors de la reproduction artificielle (pisciculture).

4.3. Marquage

Quatre techniques de marquage ont été employées pour marquer les ombres. Ces quatre techniques sont rassemblées en deux groupes. Le premier comprend les marquages individuels et le second les marquages par lots. Les deux techniques de marquage individuel utilisées sont la reconnaissance photographique des individus et le marquage par Visible Implant Tags (V.I.T.). Ces deux techniques ont été combinées pour valider réciproquement

les techniques de marquages individuels. Les deux méthodes de marquage par groupes ou lots sont la cautérisation de la nageoire adipeuse et le marquage par Coded Wire Tag (C.W.T.). Ces méthodes ont également été combinées. Tous les marquages sont effectués sous anesthésie (2-Phenoxi-Etanol à 0,25 ml/l d'eau).

4.3.1. Reconnaissance photographique

La reconnaissance photographique des individus est une technique basée sur la reconnaissance de "pattern", de dessins propres à chaque individu. Cette méthode permet par exemple de reconnaître individuellement les tigres (KARANTH, 1995), les crapauds sonneurs (ABBÜHL, 1991) ou les brochets (FICKLING, 1982). Les ombres possèdent sur les flancs des taches noires situées entre les rangées d'écailles. Le nombre des taches et leur position sont propres à chaque individu (PERSAT, 1982).

Chaque ombre est photographié du côté droit lorsque sa longueur dépasse 170 mm. Les ombres inférieurs à 170 mm ont des taches juvéniles qui empêchent la bonne lecture des taches noires. Au total, 303 ombres de l'Orbe ont été photographiés. Quelques individus photographiés et marqués par V.I.T. ont été recapturés plusieurs fois. La position des taches noires est restée identique lors de leur croissance (figure 4.1). Un poisson peut être retrouvé parmi tous les poissons marqués à l'aide d'une base de donnée établie sur FileMaker Pro (Claris), comprenant les caractéristiques de chaque individu (longueur, poids, lieu de capture, date du marquage) ainsi qu'un code pour la description du nombre et de la position des taches. Le code est composé d'un nombre à six chiffres. Chaque chiffre correspond au nombre de taches présentes entre deux rangées d'écailles. Le premier chiffre correspond au nombre de taches présentes entre la ligne latérale et la première rangée d'écailles située en dessous de la ligne latérale, le second entre la première rangée d'écailles et la deuxième rangée d'écailles située en dessous de la ligne latérale et ainsi de suite pour les deux chiffres suivants. Pour les deux derniers chiffres, on a effectué la même procédure mais en commençant au-dessus de la ligne latérale, de bas en haut. La comptabilisation des taches entre deux rangées d'écailles est limitée à un seul chiffre par ligne, donc à un maximum de neuf taches.

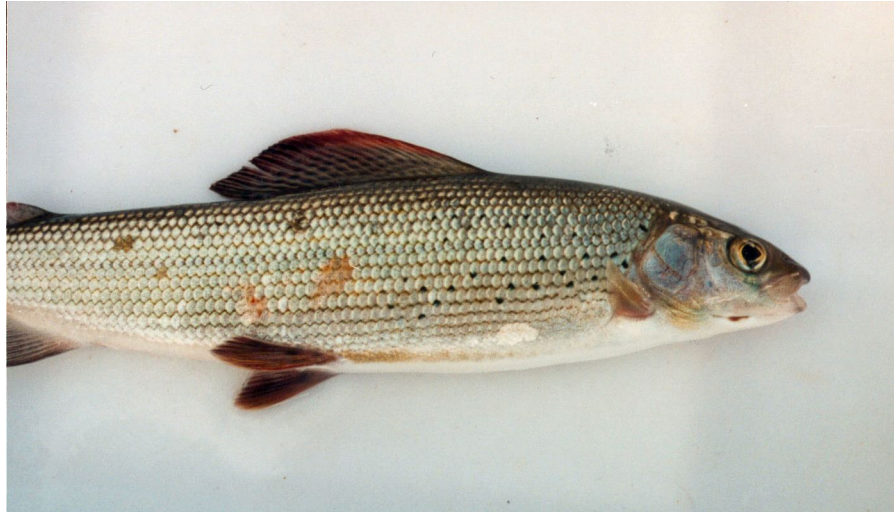


Figure 4.1. Ombre capturé le 4.10.1995 (photo haut) et recapturé le 9.10.1997. La disposition des taches est restée la même.

4.3.2. Visible Implant Tags

Le marquage par Visible Implant Tags (V.I.T., Northwest Marine Technology, Inc., P.O. Box 427, Ben Nevis Loop Road, Shaw Island, Washington 98286, USA) est la principale technique de marquage individuel utilisée dans ce travail. C'est une méthode de marquage qui a été développée au début des années 1990 et qui est maintenant largement utilisée (HAW et al., 1990 ; BLANKENSHIP & TIPPING, 1993 ; NIVA, 1995 ; GUTHRUF, 1996 ; McMAHON et al., 1996). Le V.I.T. est une petite marque en plastique de 2,5 x 1 x 0,13 mm portant un code alphanumérique à 3 caractères. Sous anesthésie, la marque est introduite à l'aide d'une seringue sous l'épiderme transparent derrière l'œil. Les poissons sont marqués dès qu'ils

atteignent la longueur de 170 mm. Au total, 745 ombres ont été marqués dans l'Orbe et le lac de Joux et 92 dans le Talent (figure 4.2).

Des marques de couleur jaune, rouge, et noire ont été employées. Le code est écrit en noir sur les marques jaunes et rouges et en blanc sur les marques noires. Dans l'Orbe, 589 ombres ont été marqués avec des marques noires, 73 avec des marques jaunes et 83 avec des marques rouges. Avec le temps, la lisibilité des marques diminue et la perte des marques augmente (BLANKENSHIP & TIPPING, 1993 ; KINCAID & CALKINS, 1992 ; McMAHON et al., 1996 ; MOURNING et al., 1994 ; NIVA, 1995).



Figure 4.2. Ombre marqué avec une marque V.I.T. près de l'œil.

4.3.2.1. Lisibilité des marques

Le taux de lisibilité a été calculé pour différentes périodes en utilisant les occurrences de recapture d'ombres pendant cette période (un ombre peut-être recapturé plusieurs fois). Une marque est considérée comme illisible dès qu'un caractère est indéchiffrable. Le fichier photographique des taches des flancs des ombres permet de retrouver la date de capture d'un ombre ayant une marque illisible. La base de données a néanmoins permis de retrouver des poissons non photographiés avec une marque illisible à partir de la taille du poisson, d'un ou

deux caractères partiellement lisibles sur la marque, etc. Dans notre cas, la perte de lisibilité augmente avec la durée du marquage (tableau 4.1). Entre 95,8 % et 100 % des marques sont lisibles les six premiers mois. Le taux le plus bas (72 %) se mesure entre les 19^{ème} et 24^{ème} mois après le marquage. Les valeurs obtenues sont en accord avec celles qui ont été récoltées dans la littérature, mais aucune étude n'a été effectuée avec des ombres communs. Chez le saumon atlantique (*Salmo salar*), KINCAID & CALKINS (1992) observent un taux moyen de lisibilité de 94 % chez les adultes et les estivaux 158 jours (5,2 mois) après le marquage. Pour les adultes et les estivaux de truites des lacs canadiens (*Salvelinus namaycush*), le taux moyen est de 75 % pour la même durée. À 294 jours (9,6 mois), le taux descend à 91 % chez le saumon et il n'est plus que de 38,5 % chez la truite des lacs canadiens. BLANKENSHIP & TIPPING (1993) n'observent qu'une seule marque illisible chez 146 truites fardées (*Oncorhynchus clarki*) recapturées pendant une période s'étalant de 3 à 21 mois. Les marques jaunes et rouges se décolorent avec l'âge comme l'a également constaté NIVA (1995).

4.3.2.2. Perte des marques

Pour déterminer le taux de perte des marques, 41 ombres marqués (325 à 445 mm) ont été placés en octobre dans un bassin à fond naturel alimenté par l'eau de la rivière. En avril, le bassin a été vidé, soit 197 jours après que les ombres y ont été introduits. Parmi les 33 individus recapturés, un seul ombre a perdu sa marque. Le taux de perte est de 3,3 %. Avec le marquage par reconnaissance photographique 303 ombres ont été doublement marqués. Parmi ces 303 ombres, un seul a perdu sa marque V.I.T. en milieu sauvage. Cet individu a été marqué le 13.4.1995, recapturé une première fois le 4.10.1995 et une seconde fois le 9.10.1997, date à laquelle il a été photographié à nouveau puisqu'il n'avait pas de marque V.I.T. MCMAHON et al. (1996) obtiennent un taux de 2 % après 30 jours chez des ombres arctiques (*Thymallus arcticus*). KINCAID & CALKINS (1992) obtiennent après 213 jours 16 % de perte de marque chez le saumon et 47 % chez la truite des lacs canadiens.

Tableau 4.1. Évolution dans le temps de la lisibilité des marques V.I.T. (Visible Implant Tag) pour les ombres dans l'Orbe à la Vallée de Joux.

Temps écoulé depuis marquage [mois]	0-6	7-12	13-18	19-24	> 24
Marques noires lisibles (illisibles)	84 (2)	50 (1)	23 (1)	18 (7)	4 (1)
Taux de marques lisibles [%]	97,7	98,0	95,8	72,0	80,0
Marques rouges lisibles (illisibles)	23 (1)	5 (1)	3 (0)	2 (0)	4 (0)
Taux de marques lisibles [%]	95,8	83,3	100	100	100
Marques jaunes lisibles (illisibles)	9 (0)	10 (2)	5(0)	0 (0)	3 (0)
Taux de marques lisibles [%]	100	83,3	100	100	100
Total marques lisibles (illisibles)	116 (3)	65 (4)	31 (1)	20 (7)	11 (1)
Taux de marques lisibles [%]	97,5	94,2	96,9	74,1	91,7

4.3.3. Ablation de la nageoire adipeuse

Le marquage par ablation de la nageoire adipeuse est une méthode de marquage très répandue chez les salmonidés (CHAMPIGNEULLE & ESCOMEL, 1984 ; McMAHON et al., 1996 ; PERSAT, 1982). Entre 1995 et 1997, 12747 ombrets élevés en pisciculture et âgés de six mois (0+) ont été marqués avant d'être relâchés dans l'Orbe (tableau 4.2). Ces ombrets l'ont été par cautérisation de la nageoire adipeuse en suivant le protocole établi par CHAMPIGNEULLE & ESCOMEL (1984). Après anesthésie des ombrets, leur nageoire adipeuse est cautérisée à l'aide d'un fer à souder (60 W) disposé sur un pied. Pendant une seconde environ, le poisson est mis en contact avec la panne du fer à souder au niveau de la nageoire adipeuse. La vitesse de marquage se situe entre 400 et 542 individus par heure. La mortalité au cours et juste après le marquage (mortalité immédiate) reste faible. Elle ne dépasse jamais 3 % (tableau 4.2). Les valeurs de vitesse de marquage et de mortalité sont semblables à celles qui sont obtenues par CHAMPIGNEULLE & ESCOMEL (1984).

Tableau 4.2. Ombrets marqués par ablation de la nageoire adipeuse avec vitesse du marquage et mortalité.

Année de marquage	Provenance	N	L moy [mm]	Vitesse moyenne de marquage [N/h]	Mortalité immédiate [%]	Mortalité après 24h [%]
1995	Brassus	805	80,5 ^a	400	0,6	1,2
1995	Morrens	104	78,0 ^b	-	0	-
1996	Brassus	1474	102,1 ^c	408	2,5	-
1996	Morrens	2828	65,0 ^d	436 ^e	3,0	-
1997	Morrens	7536	84,8 ^e	542	0,4	2,1

^aBasé sur un échantillon de 136 ombrets

^bBasé sur un échantillon de 21 ombrets

^cBasé sur un échantillon de 88 ombrets

^dBasé sur un échantillon de 89 ombrets

^eBasé sur un échantillon de 2392 ombrets

4.3.3.1. Mortalité

Afin de déterminer si le marquage engendre une mortalité plus élevée chez les poissons marqués par rapport aux poissons non marqués, 100 ombrets marqués ont été répartis dans deux aquariums et 100 autres non marqués ont été répartis dans deux autres aquariums. Au bout de 34 jours, la mortalité observée n'est pas significativement différente pour les ombrets marqués et non marqués (χ^2 , $P = 0,33$; d.l = 1). Le taux de mortalité des ombrets marqués et non marqués varie de 2 à 7 %. De nouveau, ce taux est comparable à celui qui est obtenu par CHAMPIGNEULLE & ESCOMEL (1984) après 30 jours pour des corégones (*Coregonus* sp.) et pour des truites (*Salmo trutta*).

4.3.4. Coded Wire Tag

La deuxième technique de marquage par groupes ou lots est celle par Coded Wire Tag (C.W.T., CHAMPIGNEULLE, 1987 ; ELROD & SCHNEIDER, 1986 ; RUBIN, 1990). Le marquage consiste en l'introduction d'une marque magnétique dans le cartilage nasal du poisson. Cette marque est un filament magnétique de 1 mm de longueur que l'on introduit dans le nez du poisson à l'aide d'une aiguille. L'appareillage est développé par Northwest Marine Technology (Shaw Island, Washington 98286, USA). Il comprend un injecteur de marque, un magnétiseur de marque ainsi qu'une trieuse de poissons. La trieuse permet de séparer les poissons portant une marque de ceux chez qui la marque n'a pas été insérée ou pas magnétisée. Le détecteur de marque magnétique est nécessaire pour détecter les ombrets marqués.

4.3.4.1 Mortalité et perte de marque

En 1996, 2169 ombrets âgés de six mois ont été marqués. La longueur moyenne des poissons marqués est de 102,1 mm, basé sur un échantillon de 88 ombrets. La vitesse de marquage est de 300-400 ind/h. Des filaments de couleur rouge et de couleur jaune ont été employés pour différencier deux groupes d'ombrets marqués. Cette différence entre les marques a été utilisée uniquement pour reconnaître la provenance exacte des ombrets décédés pendant leur capture. Pour déterminer le taux de perte de marque, 100 ombrets ont été gardés en aquarium pendant 46 jours. Au bout de 22 jours, le taux de perte de marque était de 3,19 % et il s'est ensuite stabilisé (tableau 4.3). Ce taux de perte de marque est acceptable. Il est équivalent à celui qui est obtenu par CHAMPIGNEULLE (1987) pour des ombles chevaliers (*Salvelinus alpinus*) et par OSTERGAARD (1982) pour la truite des lacs canadiens. Par exemple, OSTERGAARD (1982) obtient, pour des poissons d'une taille de 106 à 118 mm, un taux de perte variant de 2 à 3 % pendant 2 à 8 jours. Dans notre expérience, l'augmentation de la mortalité est probablement liée à la difficulté de nourrir les ombrets avec de la nourriture artificielle. En effet, ces derniers avaient pris l'habitude de capturer des proies essentiellement vivantes parce qu'ils avaient été élevés en conditions semi-naturelles (bassins naturels, appoint de nourriture artificielle).

Tableau 4.3. Mortalité et perte de marque C.W.T. de 100 ombrets en aquarium.

Dates	Nombre de jours	Mortalité [%]	Perte de marque [%]
11.10.1996	0	0	0
17.10.1996	7	2	1,02
01.11.1996	22	6	3,19
25.11.1996	46	8	3,19