

Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

2092, route des Diacquenods
Le Villaret
74 370 St Martin Bellevue
Tél. 04 50 46 87 55
www.pechehautesavoie.com

SUIVI DE LA MIGRATION DE REPRODUCTION DES OMBRES COMMUNS (*Thymallus thymallus*) DE L'ARVE DANS UN PETIT AFFLUENT TEMPORAIRE, LE NANT DE SION



Partenariats techniques :

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève



Rédaction :

VIGIER Laure (FDPPMA 74)
GIL Jordi
GRIMARDIAS David (HEPIA Genève)
CATTANEO FRANCK (HEPIA Genève)
CAUDRON Arnaud (INRA UMR Carrel)



Partenariat financier :



mars 2012
Ref : FDP74 12/02

Référence à citer : Vigier L., Gil J., Grimardias D., Cattaneo F., Caudron A., 2012. Suivi de la migration de reproduction des ombres communs (*Thymallus thymallus*) de l'Arve dans un petit affluent temporaire : le nant de Sion. 22p. + Annexes.

REMERCIEMENTS

Un grand merci à

- Henri Persat (CNRS Lyon)
- l'équipe technique de la FDPPMA 74 (en particulier G. Bini) pour leurs diverses participations,
- l'AAPPMA du Faucigny
- au SM3A

pour leur participation et/ou leur collaboration qui ont permis la bonne réalisation de ce travail

RESUME

Ce travail présente les résultats des essais de suivi de la migration de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) sur un affluent frayère de l'Arve : Le Nant de Sion.

Dans un premier temps nous avons suivi la remontée des géniteurs dans cet affluent. Dans ce but, nous avons disposé un piège sur toute la largeur du cours d'eau du 18 février au 16 avril 2010. 52 géniteurs ont été capturés entre le 12 mars et le 08 avril 2010. La population de géniteurs de cet affluent a une taille moyenne de 396mm (± 48 mm) et un poids moyen de 546g (± 223 g), un sex-ratio estimé de 1 femelle pour 4 mâles et est majoritairement (78%) constitué d'individus 2+ (cohorte 2007). En 2010 les mouvements migratoires des mâles et des femelles apparaissent comme simultanés. La confrontation du suivi de migration aux paramètres du milieu suivis (température et débit) semble mettre en évidence un effet prépondérant de la température sur le déclenchement de la migration de reproduction. L'augmentation des effectifs de géniteurs capturés sur le Nant de Sion semble concordante avec l'atteinte simultanée d'une température d'eau de 7°C sur l'Arve et le Nant de Sion. Des modifications sont à envisager sur le dispositif de piégeage afin de garantir son efficacité sur une gamme de débit plus large.

Dans un second temps, nous avons disposé 2 pièges destinés à caractériser la dévalaison des juvéniles d'ombre commun et à quantifier la « production » de cet affluent. Ce dispositif d'échantillonnage stratifié selon 2 modalités (chenal principal/ chenal secondaire) a permis la capture de 63 individus entre le 03 et le 29 mai 2010. Les individus capturés ont une taille comprise entre 15 et 41 mm. Nous constatons une augmentation progressive de la taille des individus capturés sur la durée de piégeage. Le piège disposé dans la veine principale a permis la capture de 57,1% des effectifs totaux contre 42,9% pour celui disposé dans la veine secondaire. En outre, 68,2% de l'effectif total a été capturé durant la nuit contre 31,8% durant la journée. Il n'apparaît aucune différence significative de la taille des individus que ce soit pour la comparaison inter-pièges ou pour la comparaison jour/nuit. Aucun lien n'a pu être établi entre les mouvements migratoires des juvéniles et les paramètres du milieu suivi (température, débit). Pour cet essai de piégeage des juvéniles à la dévalaison, outre les conditions hydrologiques très particulières de 2010, nous avons été confrontés à des limites techniques et méthodologiques qui ne nous ont pas permis d'atteindre nos objectifs initiaux. Ainsi, il semble que les caractéristiques de ce cours d'eau (faibles hauteurs d'eau et faibles vitesses d'écoulement) constituent des facteurs limitants l'efficacité des juvéniles notamment à partir de la taille de 41 mm, taille à partir de laquelle leur capacité natale leur permettent d'éviter le piège. Par ailleurs, la petite taille de maille (3 mm) utilisée pour la construction des entonnoirs des pièges nécessite un entretien important (2 nettoyages par jour) qui ne garantit pas la discrétion du piège.

Du point de vue de la gestion piscicole, ce premier travail réalisé sur la population d'ombre commun de l'Arve, pose la question de la validité de la taille de capture réglementaire actuelle (30cm) qui ne permet pas de protéger les géniteurs. Il pose également d'autres questions sur le fonctionnement de la population d'ombre commun de l'Arve, sa démographie, son potentiel halieutique...

SOMMAIRE

Contexte général	1
Présentation du site d'étude et des objectifs	2
Matériel et Méthodes	3
I – Suivi des paramètres du milieu	
A – Suivi thermique	3
B – Suivi des débits	3
II – Suivi de la montaison des géniteurs d'ombre commun : comptage des géniteurs	3
A – Description du site et du dispositif de piégeage	3
B – Informations recueillies	4
III – Suivi de la dévalaison des juvéniles d'ombre commun : évaluation quantitative et déterminisme de dévalaison	5
A – Description du site et du dispositif de piégeage	5
B - Données récoltées	6
Résultats	7
I – Caractéristiques du milieu	7
A - Données thermiques	7
B - Données hydrologiques	7
II – Piégeage des géniteurs montants	9
A – Observations générales	9
B - Nombre de captures et paramètres du milieu	11
III – Piégeage des juvéniles dévalants	12
A - Observations générales	12
B - Comparaison des captures entre les pièges	13
C - Comparaison des captures entre le jour et la nuit	13
D - Nombre de captures et conditions du milieu	14
Discussion	15
- Premiers retours sur les méthodologies mises en place : d'importantes limites méthodologiques à l'étude des migrations par piégeage <i>in-situ</i> et conditions particulières de l'année 2010	15
- Eléments de biologie, d'écologie et réflexions sur le déterminisme des mouvements migratoires des ombres communs du Nant de Sion	16
- Implications pour la gestion	18
Conclusion	19
Bibliographie	20
Annexes	

SUIVI DE LA MIGRATION DE REPRODUCTION DES OMBRES COMMUNS (*Thymallus thymallus*) DE L'ARVE DANS UN PETIT AFFLUENT TEMPORAIRE, LE NANT DE SION

Contexte général

L'ombre commun (*Thymallus thymallus*) est un salmonidé emblématique à plusieurs titres. Espèce caractéristique des rivières larges et rapides, elle présente un intérêt halieutique mais est également très menacée par les aménagements (extractions de granulats, endiguements, barrages...) et la pollution en général (Keith et Allardi, 2001).

Une régression des populations a été observée en Haute-Savoie à partir des années 1970, suite au développement économique grandissant de la région qui a entraîné de nombreuses altérations des cours d'eau (pollution physico-chimique, chenalisation, endiguement, création de seuils, de barrages, extraction de granulats...; Persat & Eppe, 1997). Cette tendance à la diminution des effectifs d'ombre est générale en France et plus largement en Europe de l'ouest (ex : Autriche, Allemagne, Suisse ; Persat 1996, Uiblein *et al.* 2001, Kirchhofer *et al.* 2002).

En 1931 (Kreitmann), l'ombre était considérée comme « commun » en aval de Bonneville (limite amont probablement entre Bonneville et Cluses) et sur la Menoge aval. Les données de présences plus récentes (SDVP 1985, 1994) fixent la limite amont de répartition sur l'Arve au niveau de la confluence avec le Giffre, et indiquent la présence de l'espèce sur les parties aval du Borne et du Foron de Fillinges. Ces données soulignent également la présence régulière de frayères sur les parties aval du Giffre, du Foron de Reignier, du Nant de Sion, du Foron de la Roche et du Viaison, ainsi que sur la Menoge.

Cette répartition (figure 1) est globalement confirmée par les données récoltées par la fédération de pêche de Haute-Savoie (enquête pêcheur 1999-2000, relevés de frayères, contact en pêches d'inventaires) et les autres données existantes (CSP, 2001).

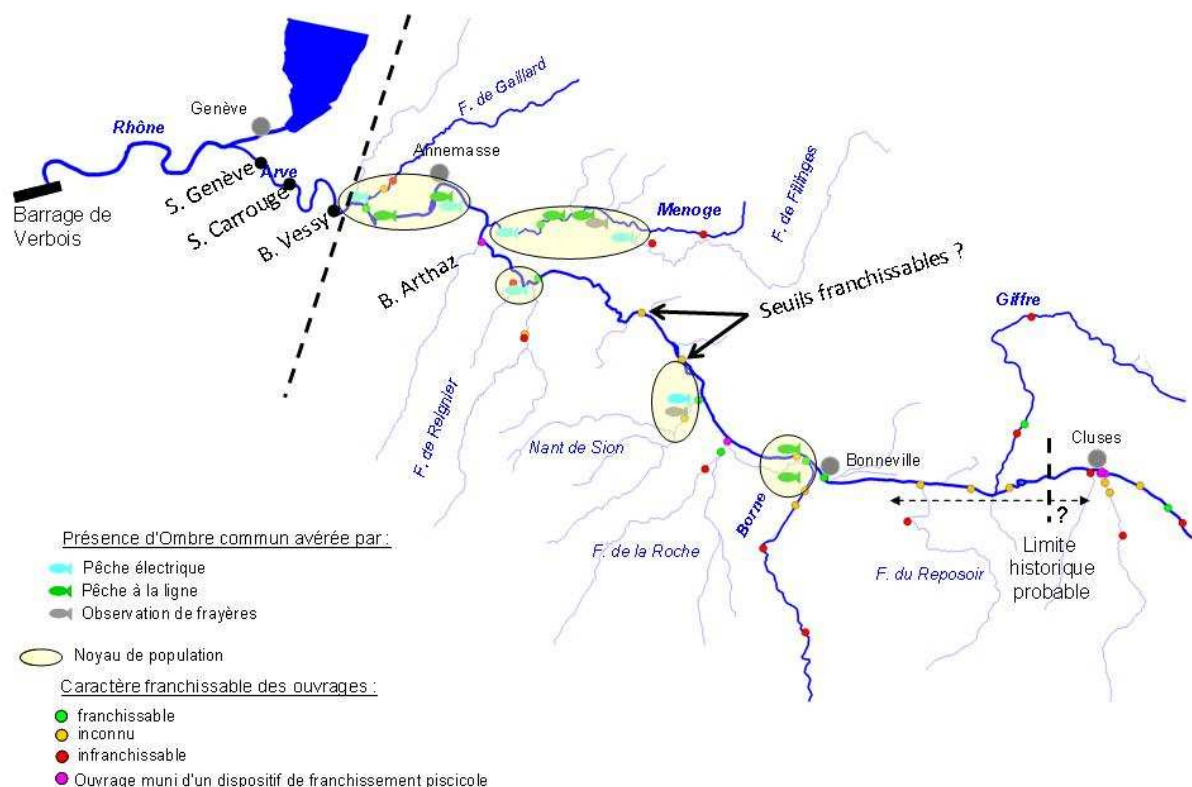


Figure 1 : Cartographie synthétisant les indices de présences d'ombre commun sur le bassin versant de l'Arve

Si l'aire de répartition connue de l'espèce semble avoir peu varié au cours des 25 dernières années sur ce bassin, une baisse régulière des captures est cependant rapportée par les pêcheurs à la ligne. Suite aux deux premiers Schémas Départementaux à Vocation Piscicole (Wojtenka, 1985 et Lecuret, 1994) alertant tout deux sur la situation de cette espèce, un « plan OMBRE COMMUN », composé de plusieurs actions destinées à restaurer la qualité de l'eau et des habitats avait été envisagé par l'administration (DDAF). Depuis 1995, plusieurs actions d'amélioration de la qualité générale du milieu inscrites au contrat rivière Arve ont été réalisées par le SM3A (réduction des rejets polluants, amélioration de l'assainissement, traitement du glissement des Posettes, stabilisation du profil en long et gestion du débit solide). En suppléments, au cours de ces 10 dernières années, d'autres actions directement en faveur de la faune piscicole (amélioration des accès aux frayères sur les affluents, restauration physique du Nant de Sion, construction de la passe à poissons d'Arthaz, mise en réserves des secteurs de frayères) ont également été entreprises grâce à l'implication de plusieurs acteurs (FDPPMA 74, CSP, SM3A, EDF, canton de Genève).

Présentation du site d'étude et des objectifs

Le Nant de Sion est un des seuls affluents de l'Arve qui est resté connecté au cours principal suite à l'aménagement de l'Arve et aux activités d'extractions pratiquées durant les années 70. Cet état de fait explique pourquoi il soit resté un affluent frayère d'intérêt pour les géniteurs d'ombre commun (*Thymallus thymallus*) de l'Arve malgré le caractère très dégradé de ce cours d'eau lourdement affecté par la construction de l'autoroute A40 (rectification et endiguement) et par l'augmentation de la pression anthropique sur la ressource en eau (assèchements annuel de la partie aval), (Wojtenka, 1985 et Lecuret, 1994). Ainsi, ce cours d'eau a fait l'objet de suivis irréguliers de la part du CSP entre 1984 et 1997.

Grâce à la mobilisation des acteurs locaux, des travaux de restauration de l'habitat physique ont été réalisés en 2008-2009 sur la partie aval (870m de la confluence de l'Arve à l'autoroute) avec pour objectif principal d'améliorer les conditions de reproduction de cette espèce. Les aménagements réalisés ont consisté à diversifier les écoulements et les faciès et à rétrécir la largeur du lit jusqu'alors surdimensionné (faible hauteur d'eau, faciès homogène). Pour cela, un nouveau lit a été créé sur l'amont et des structures rigides (Ex : banquettes, épis, encrage d'embâcles...) ont été mises en place dans le lit mineur sur la partie aval. Ces aménagements ont permis de créer des habitats favorables pour la fraie de l'ombre commun en créant des alternances de faciès mouille/radier. Le suivi écologique de ces travaux est réalisé par la Fédération de pêche de Haute-Savoie pour évaluer les effets de ces travaux sur le milieu et la faune aquatique (Acquisition des données en cours, 2008-2012).

Cependant, afin d'affiner le suivi entamé en 2008, il est apparu nécessaire de mieux connaître la population d'ombre commun venant se reproduire dans cet affluent. A la fois pour obtenir des informations sur les critères de migrations de reproduction et sur l'importance relative de cet affluent frayère pour la population de l'Arve.

Dans cet objectif, la Fédération de pêche de Haute-Savoie s'est rapprochée des organismes scientifiques proches (INRA de Thonon-les-Bains, école d'ingénieur de Genève-HEPIA- et H. Persat de l'université de Lyon CNRS) afin de mettre en place des dispositifs permettant le comptage des géniteurs montants d'une part et des juvéniles dévalants d'autre part. Ce cours d'eau a l'avantage de se prêter à ce type d'expérimentation du fait de son petit gabarit qui permet la mise en place aisée de systèmes de piégeage.

Ainsi, ce premier travail sur la migration de l'ombre commun en Haute-Savoie a pour objectifs de tester les dispositifs expérimentaux mis en place, d'évaluer les méthodes d'estimation utilisées et d'autre part d'acquérir des connaissances sur l'écologie de cette

population d'ombre commun relativement méconnue afin de la gérer au mieux. L'influence des facteurs du milieu et plus particulièrement de l'hydrologie et de la température sur les phénomènes de migrations est plus particulièrement étudiée.

Matériel et Méthodes

I – Suivi des paramètres du milieu

A – Suivi thermique

Trois enregistreurs thermiques (type HOBOpendant/temp 64K) ont été placés sur le secteur au mois de février 2010:

- deux sur le Nant de Sion ; au niveau du piège et en extrême aval du cours d'eau,
- une sur l'Arve en amont de la confluence, afin de s'affranchir de l'éventuelle influence thermique du Nant de Sion sur l'Arve au niveau de sa confluence.

La température de l'eau est relevée sur ces 3 stations au pas de temps horaire durant toute la période de présence de l'ombre commun dans cet affluent.

B – Suivi des débits

- Nant de Sion :

Durant toute la période de piégeage un relevé limnimétrique a été effectué à l'aide du limnimètre disposé sous le pont de la passerelle située en aval du pont l'autoroute A40. Les relevés ont été réalisés à raison de 3 ou 4 fois par semaine du 01/03/2010 au 16/04/2010 et plus régulière (2 fois par jour) du 03/05/2010 au 31/05/2010. Ainsi nous avons pu suivre les principales fluctuations de la hauteur d'eau du Nant de Sion.

Quatre mesures de débit ont également été effectuées par exploration des champs de vitesse afin de pouvoir tracer une courbe de tarage (Matériel utilisé : courantomètre électromagnétique Nautilus C2000). Les mesures ont été prises le long d'un transect à chaque variation de la topographie du fond ou quand une variation de la vitesse d'écoulement était visible. Les mesures de courant ont été prises à partir du fond à 20 %, 60 % et 80 % de la hauteur d'eau. Les données ainsi recueillies ont été traitées avec l'application "Moulinet" du logiciel CASSIOPEE, version 2.2, CSP 1993-1996. Le débit a été calculé en appliquant l'équation de la courbe de tarage aux hauteurs d'eau relevées sur le limnimètre depuis le 01/03/2010.

- Arve :

Les données de débit de l'Arve enregistrées au niveau de la station de Sallanches (V0032010) ont été exportées de la base de données de la Banque hydro (données DIREN Rhône-Alpes).

II – Suivi de la montaison des géniteurs d'ombre commun : comptage des géniteurs

A – Description du site et du dispositif de piégeage

Ce suivi a été réalisé par la mise en place d'un système de piégeage expérimental créé par H. Persat (CNRS - université de Lyon). Il consiste en une nasse centrale immergée et encadrée de part et d'autre de déflecteurs assortis de flotteurs (figure 2) qui, par leur rôle de barrière physique, dirigent les poissons vers la nasse. Le dispositif a été mis en place le plus en aval possible (mais suffisamment haut pour être hors d'influence de l'Arve) sur un secteur de radier où les berges présentaient une configuration encaissée afin de conserver une bonne efficacité de piégeage durant les épisodes de plus forte hydrologie (augmentation de la hauteur d'eau).



Figure 2 : Illustration du système de piégeage des géniteurs d'ombre commun à la montaison.

Cette première campagne de piégeage c'est déroulée du 18/02/2010 au 16/04/2010.

Ce suivi avait plusieurs objectifs :

- tester le système de piégeage (efficacité, facilité de mise en place, comportement face aux événements hydrologiques),
- acquérir des données sur les géniteurs remontant frayer sur cet affluent :
 - du point de vue quantitatif : nombre de géniteurs remontants,
 - et du point de vue qualitatif : sex-ratio, caractéristiques des géniteurs (taille, poids...),
- analyser la phénologie du phénomène migratoire, notamment en vérifiant si les caractéristiques hydrologiques et thermiques du milieu peuvent expliquer le comportement des individus en période de reproduction.

Le piégeage a été accompagné de 2 pêches électriques de sondage réalisées en amont du piège (du piège jusqu'au pont de la D19) afin d'évaluer l'efficacité du piège le 12/03/2010 et le 08/04/2010. En effet, l'efficacité de ce dispositif n'est pas totale notamment lors des épisodes de forte hydrologie qui peuvent entraîner la submersion des flotteurs, elle a en outre varié au cours de la campagne de piégeage du fait des modifications apportées pour améliorer l'efficacité de la barrière par solidarisation de la partie haute des flotteurs, qui étaient initialement uniquement maintenus par la base.

B – Informations recueillies

Outre les données d'effectifs par jour, les géniteurs piégés ont été :

- mesurés : longueur totale (LT) et longueur à la fourche (LM),
- pesés,
- photographiés,
- identifiés individuellement par la description du nombre et de la répartition de leurs points noirs en arrière de la tête sur le flanc gauche (Persat, 1982),
- référencés sous un code simple.

En outre, chaque individu a fait l'objet de prélèvements :

- d'écailles : 5 écailles ont été prélevées en ligne à la pince à épiler, puis conservées dans une pochette référencée correspondant au code du poisson concerné. Elles permettent de définir l'âge des poissons capturés et le prélèvement en ligne joue le rôle de marque permettant d'identifier les poissons déjà échantillonnés.
- d'un petit morceau de nageoire pelvienne. Cet échantillon, conservé dans l'alcool et référencé, fera l'objet d'analyses génétiques ultérieures.

Les poissons sont ensuite relâchés en amont du dispositif.

III – Suivi de la dévalaison des juvéniles d'ombre commun : évaluation quantitative et déterminisme de dévalaison

A – Description du site et du dispositif de piégeage

Le dispositif expérimental testé consiste en un cadre grillage de maille (3mm/3mm) en entonnoir suivi d'un vivier semi-enterré (figure 3). La surface de piégeage maximale est de 1m² (1m x 1m). La surface est variable en fonction de la hauteur d'eau (1m de large / hauteur d'eau). Tout comme le précédent, le dispositif a été mis en place le plus en aval possible (mais suffisamment haut pour être hors influence de l'Arve) sur un secteur de radier où les berges présentaient une configuration encaissée afin de conserver une bonne efficacité de piégeage durant les épisodes de plus forte hydrologie (augmentation de la hauteur d'eau).



Figure 3 : Photo d'un piège expérimental de dévalaison des juvéniles d'ombre commun en place dans le lit du Nant de Sion.

Les deux pièges ont été posés du 30/04/2010 à début juillet selon le schéma suivant :

- un piège a été placé dans la veine principale (hauteur d'eau et débit plus importants),
- le second dans une veine secondaire plus calme.

Les pièges ont été relevés deux fois par jour, le matin et le soir, afin de différencier la dévalaison nocturne et la dévalaison diurne. Ces deux relevés journaliers ont également pour objectif de limiter le temps passé par les alevins dans les viviers, et d'effectuer un nettoyage des pièges afin d'assurer leur bon fonctionnement. En effet la fine maille du grillage de l'entonnoir rend le dispositif sensible au colmatage par des débris organiques qui peuvent entraîner de fortes modifications du fonctionnement hydraulique du piège et le rendre moins efficace pour la capture des individus dévalants.

Les objectifs de ce suivi sont divers :

- évaluer la faisabilité et valider les choix méthodologiques de l'expérimentation visant à quantifier le recrutement naturel sur le Nant de Sion,

- caractériser le phénomène de dévalaison dans le temps (ex. début et fin du phénomène, influence du cycle nyctéméral,...) et dans l'espace (utilisation des veines secondaires ou du chenal principal).
- identifier les éléments déclencheurs potentiels de la dévalaison des juvéniles d'ombre commun ;

Le caractère temporaire de ce cours d'eau et plus particulièrement l'assèchement précoce du secteur utilisé pour la reproduction de l'Ombre commun (généralement à partir de début mai) contraint les juvéniles émergents à des mouvements migratoires vers l'Arve à un stade relativement précoce. Cette particularité du Nant de Sion a l'avantage de limiter la période de suivi dans le temps, et permet d'espérer des mouvements migratoires massifs.

Cependant, il est à noter que ce suivi, réalisé en 2010, a été perturbé par des phénomènes hydrologiques inhabituels pour le secteur, à savoir :

- l'absence d'assèchement du cours d'eau liée à des précipitations régulières
- une crue importante sur l'Arve durant la période de suivi (31/05/2010) qui a provoqué une remontée des eaux de l'Arve dans le Nant de Sion, et donc une montée de la ligne d'eau au-delà du site de piégeage (situé à environ 400m de la confluence) et provoquant l'immersion et donc l'inefficacité du dispositif du 26/03/210 au 05/04/2010.

B - Données récoltées

Les ombrets capturés ont été anesthésiés grâce à une solution d'eugénol très diluée puis les individus ont été mesurés et pesés individuellement.

Le traitement des données recueillies a pour objectif de suivre l'évolution dans le temps de :

- la taille des ombrets
- du nombre de captures dans les deux pièges (comparaison des effectifs et des moyennes de taille pour chaque piège)
- du nombre de captures correspondant à la phase diurne et à la phase nocturne (comparaison des effectifs et des tailles moyennes).

Concernant les éléments déclencheurs, une comparaison entre le nombre de captures et les variations de la température et du débit sera effectuée.

Résultats

I – Caractéristiques du milieu

A - Données thermiques

Les données thermiques relevées durant toute la période de suivi des migrations (montaison des géniteurs et dévalaison des juvéniles) sur les trois stations de suivi montrent des profils similaires (figure 4).

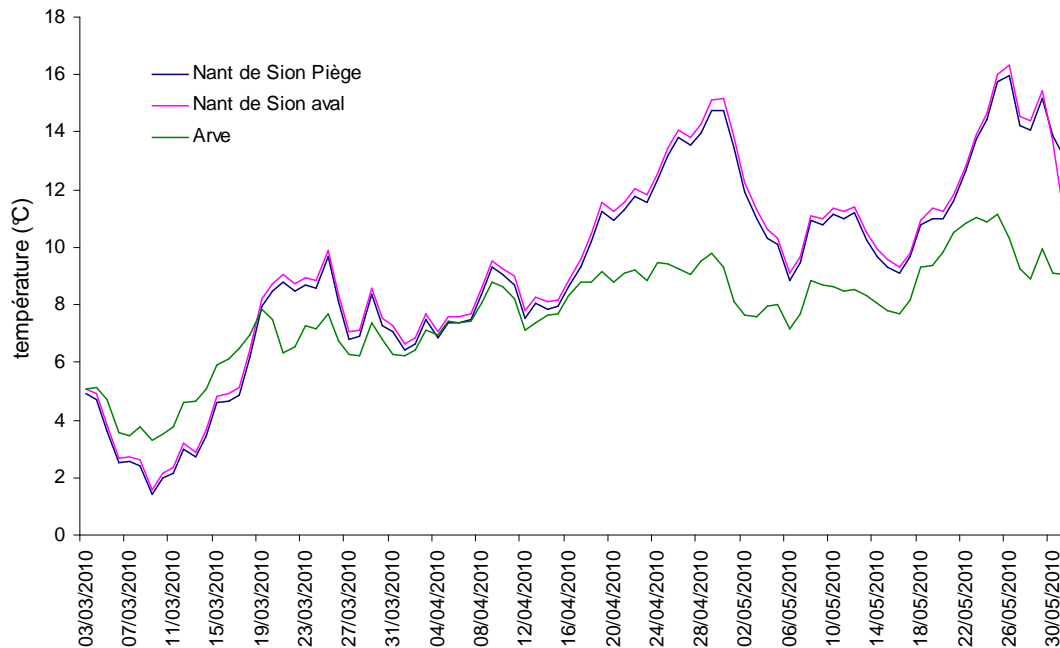


Figure 4 : Evolution des températures moyennes journalières sur 2 stations du Nant de Sion aval et sur 1 station sur l'Arve, durant les périodes de migrations de l'ombre commun (géniteurs et juvéniles).

Ainsi, malgré les différences de régimes hydrologiques entre l'Arve (nivo-glaciaire) et le Nant de Sion (à dominante pluviale) nous constatons des évolutions semblables, avec cependant des différences dans l'amplitude des phénomènes de réchauffement ou de refroidissement. En effet, les températures relevées sur l'Arve sont représentatives d'un milieu plus tamponné. Sur la période considérée les températures moyennes journalières évoluent entre 3,3°C et 11,3°C sur l'Arve et dans le même temps elles atteignent les extrêmes de 1,6°C et 16°C sur le Nant de Sion.

B - Données hydrologiques

La courbe de tarage (figure 5) présentée ci-dessous est basée sur les quatre mesures effectuées (Profils en travers : Annexe 1). La précision de cette courbe est forcément affectée par ce faible nombre de points, mais elle est cependant suffisante pour donner une tendance de l'évolution du débit du Nant de Sion.

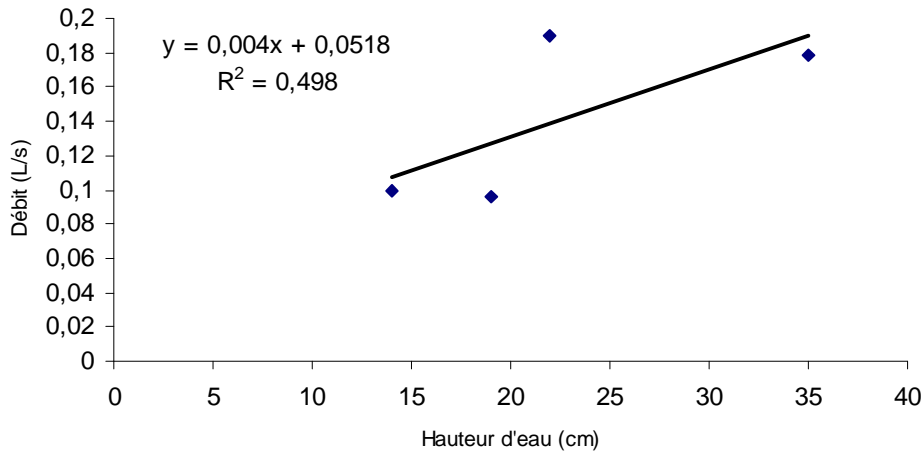


Figure 5 : Courbe de tarage des débits : relation entre les hauteurs d'eau relevées sur le limnimètre et les débits mesurés sur le Nant de Sion.

L'équation de la courbe de tarage nous a donc permis de tracer l'évolution temporelle du débit du Nant de Sion pour la période du 03/03/2010 au 01/06/2010 (figure 6).

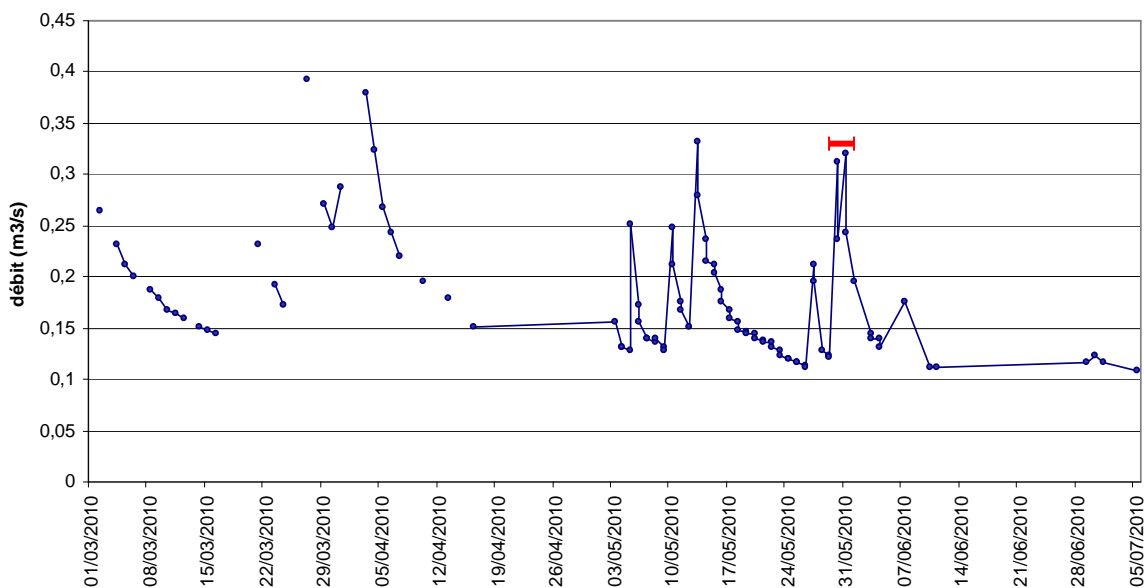


Figure 6 : Courbe d'évolution des débits du Nant de Sion sur toute la période de suivi.

Il ressort de ce graphique que le Nant de Sion subit de brusques variations de son débit et de sa hauteur d'eau. La période illustrée par la barre rouge correspond à la crue décennale de l'Arve survenue du 29/05/2010 au 01/06/2010 (figure 7). Cet événement hydrologique a provoqué une remontée des eaux de l'Arve dans le Nant de Sion, et donc une montée de la ligne d'eau jusqu'au niveau du site de piégeage. La crue n'est pas visible sur l'hydrogramme car son influence ne s'est pas faite sentir jusqu'au limnimètre.

La comparaison des hydrogrammes obtenus sur le Nant de Sion et sur l'Arve sur la même période (du 01/03/2010 au 05/07/2010) révèle encore une fois les différences de fonctionnement hydrologique de ces milieux ; le Nant de Sion réagissant immédiatement aux événements pluviométriques, l'Arve évoluant de façon plus progressive et répondant à des phénomènes hydroclimatiques de plus grande échelle.

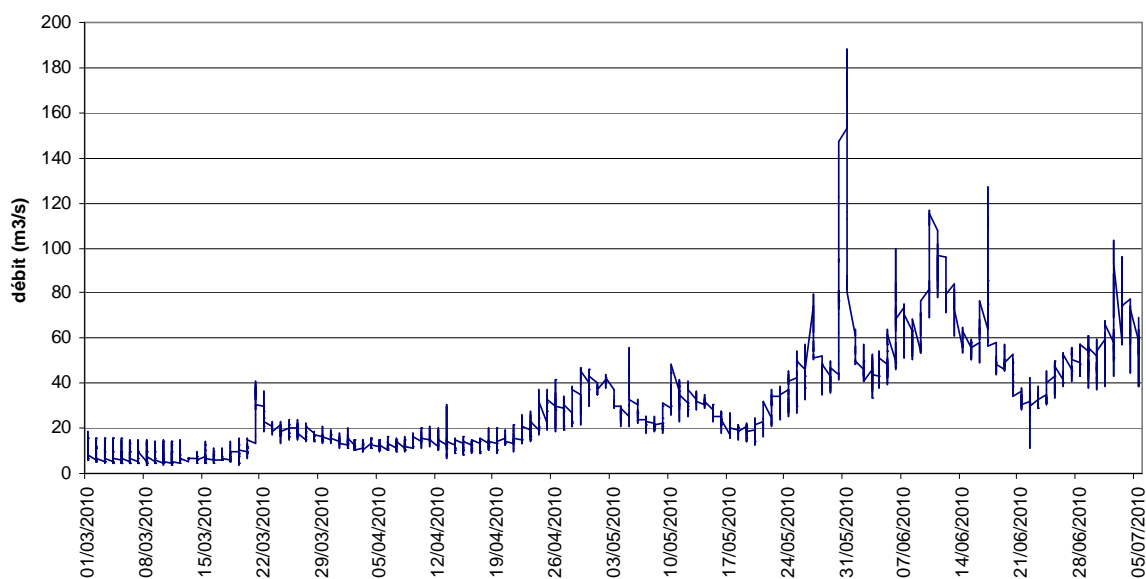


Figure 7 : courbe d'évolution des débits de l'Arve (à Sallanches) sur toute la période de suivi.

II – Piégeage des géniteurs montants

A – Observations générales

Un certain nombre d'individus a été capturé lors des pêches électriques de sondage réalisées respectivement le 12/03/2010, puis le 08/04/2010 après un événement hydrologique qui a submergé les déflecteurs et rendu le piège inefficace sur la période du 26/03/2010 au 05/04/2010. 53 individus ont été capturés : 25 individus l'ont été lors des pêches électriques et 28 par le piège (données brutes Annexe 2). Ainsi la période de migration des géniteurs sur le Nant de Sion en 2010 se situe entre mi-mars et mi-avril (figure 8).

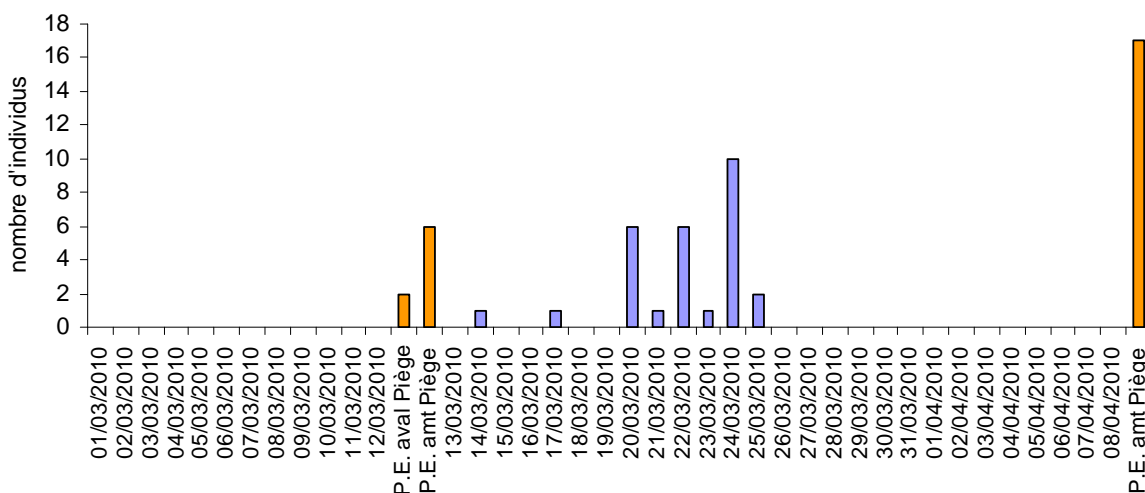


Figure 8 : Nombre de géniteurs capturés sur le Nant de Sion par pêche électrique de sondage (orange) et par piégeage (bleu).

Les critères descriptifs relevés sur chaque individu nous permettent de disposer de quelques informations générales sur la population étudiée. Ainsi parmi les géniteurs capturés en 2010, 13 étaient des femelles et 39 des mâles, soit respectivement 25% et 75% de l'effectif total. Des individus des 2 sexes ont été capturés régulièrement tout au long de la période de capture (figure 9).

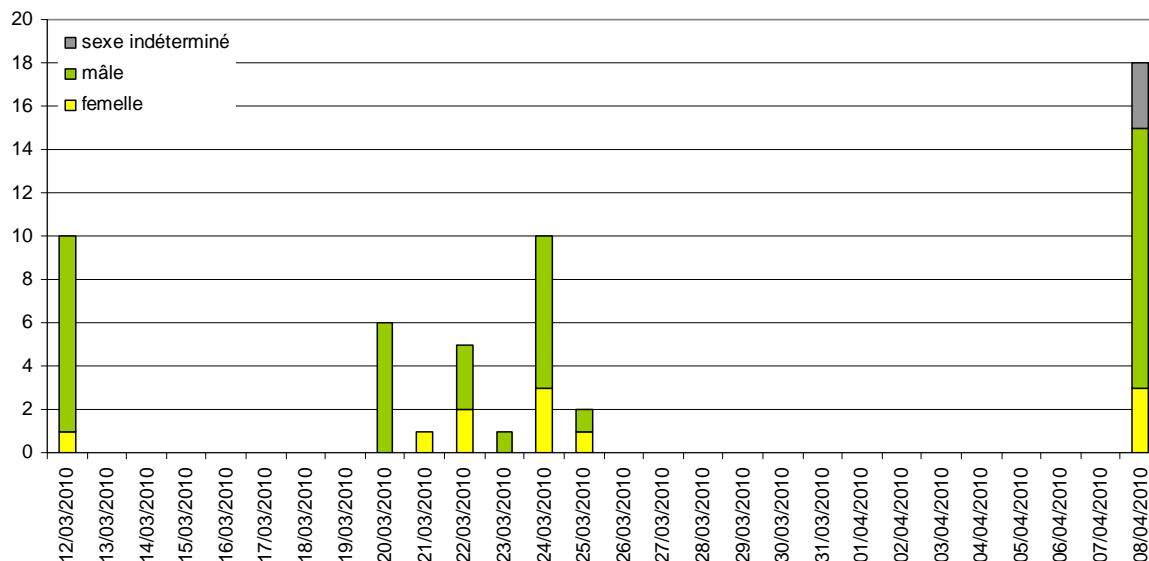
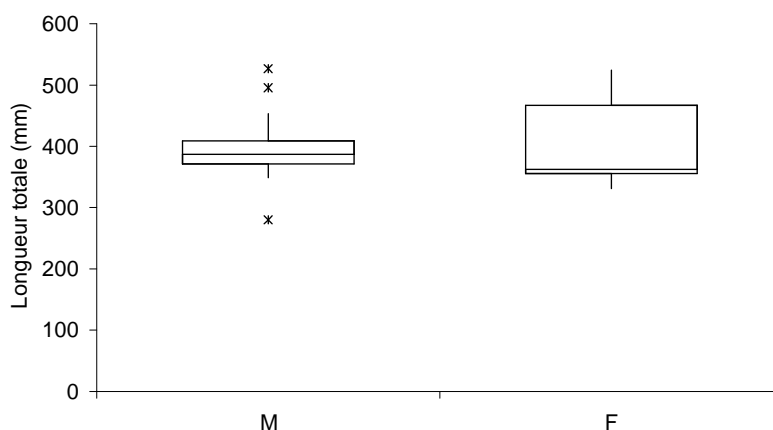


Figure 9 : Répartition du sexe des géniteurs remontant dans le Nant de Sion durant la période de reproduction.

Sur la base des 52 individus étudiés (1 poisson s’est échappé au cours des prises de mesures), la population a une distribution de taille et de poids homogène entre les individus des 2 sexes (tests de distribution de Mann et Withney non significatifs à $\alpha = 0,05$, p-value *taille* = 0,45 ; p-value *poids* = 0,89). Ainsi les ombres communs remontant sur le Nant de Sion ont une taille moyenne de 396 mm (± 48 mm) et un poids moyen de 546 g (± 223 g).



La gamme d’âges représentée (tableau 1) va de 1+ à 5+. La majorité des individus capturés (78,4%) appartiennent à la cohorte 2007 (2+) et ceci quel que soit le sexe considéré. Les mâles présentent la plus grande amplitude d’âge (de 1+ à 5+) mais la grande majorité des effectifs masculins sont d’âge 2+ ou 3+, alors que la gamme d’âge des femelles est plus restreinte (2+ à 5+) et que les effectifs se répartissent principalement entre 2+ et 4+.

âge	mâle	femelle
1+	2,6%	0,0%
2+	84,2%	61,5%
3+	7,9%	15,4%
4+	2,6%	15,4%
5+	2,6%	7,7%

Tableau 1 : Répartition des effectifs (en pourcentage) par âge en fonction du sexe.

AGE	mâle	femelle
1+	1	0
2+	32	8
3+	3	2
4+	1	2
5+	1	1
TOTAL	38	13

Tableau 1 : Répartition des effectifs par âge en fonction du sexe

Le graphe taille – âge des individus capturés (figure 10.a) montre que les géniteurs du Nant de Sion sont très majoritairement de taille supérieure à 34 cm. La gamme des tailles des individus 2+ qui est la classe d'âge la plus représentée au sein des géniteurs va de 34 à 43 cm, la taille moyenne de cette classe d'âge (figure 10.b) étant de 380 mm (+/- 24mm) tous sexes confondus.

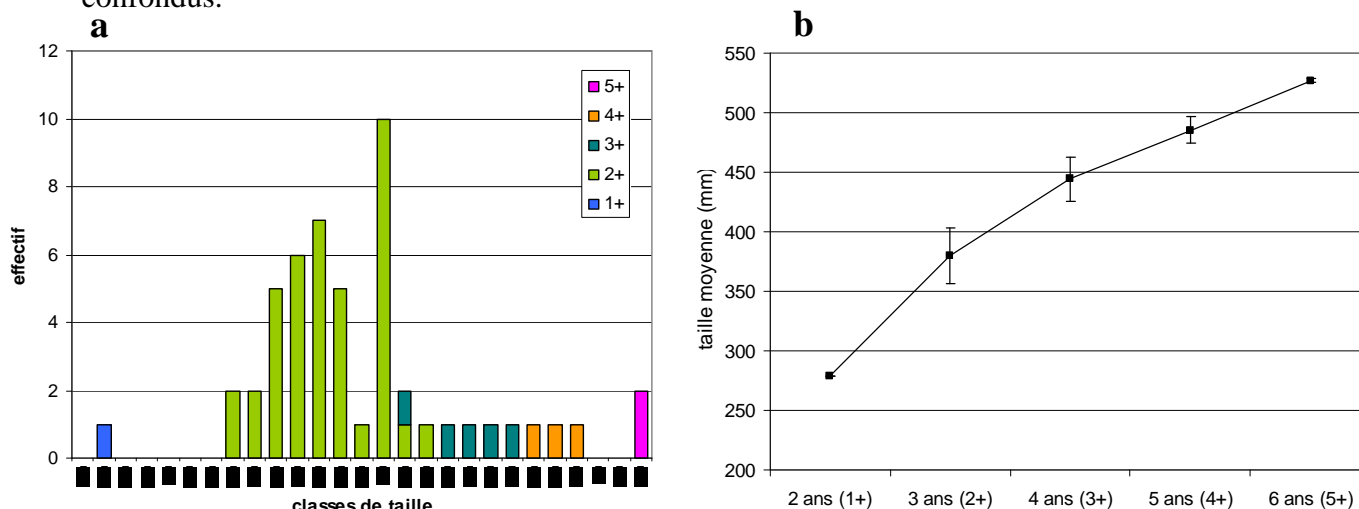


Figure 10.: (a) Distribution des tailles des individus capturés, et b) relation âge – taille (moyenne +s.d.) des géniteurs du Nant de Sion.

B - Nombre de captures et paramètres du milieu

Le nombre de géniteurs remontant dans le Nant de Sion augmente fortement juste après l'accroissement printanier des températures journalières qui passent de 1,16°C à 8°C entre le 8 et le 19 mars 2010 (figure 11). A partir du 19 mars, date à laquelle la température de l'eau est la même dans l'Arve et le Nant de Sion, nous observons des remontées régulières (tous les jours) de quelques individus.

Le palier entre le 24/03/2010 et le 08/04/2010 est artificiel, il est dû à l'inefficacité du piège durant l'événement hydrologique survenu sur l'Arve le 31/05/2010.

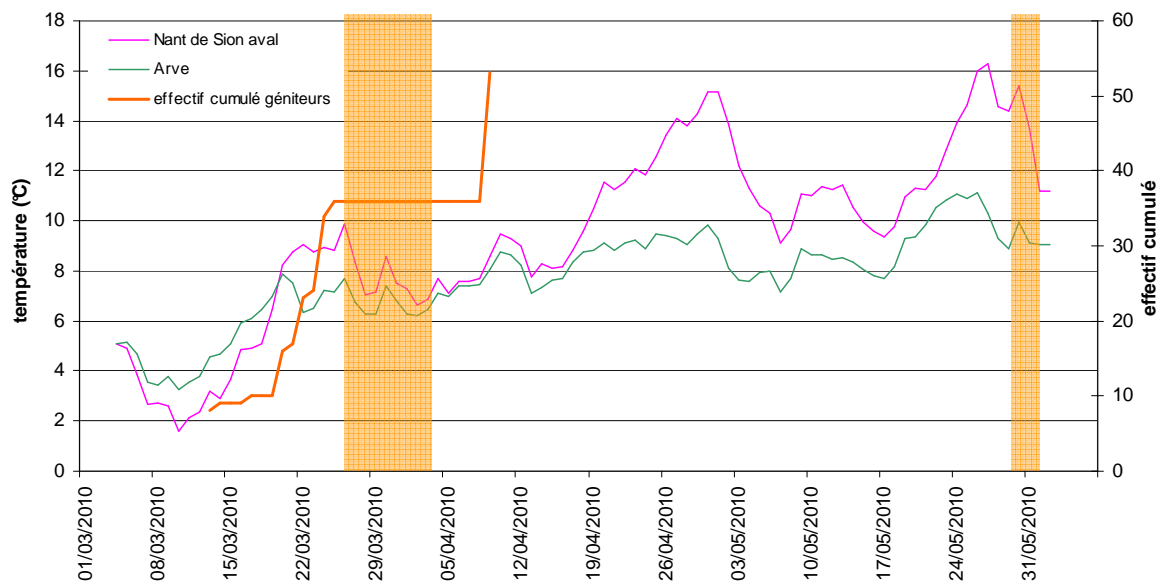


Figure 11 : Comparaison entre l'évolution des températures moyennes journalières sur 2 stations du Nant de Sion aval et sur 1 station sur l'Arve et les effectifs cumulés de générateurs montants.

Du point de vue de l'évolution des débits (figure 12), l'augmentation du nombre de générateurs remontant dans le Nant de Sion correspond à une période de fin d'étiage hivernal sur l'Arve ce qui provoque une augmentation de la turbidité de l'eau, et des débits plus fluctuants durant la journée (alternance fonte de la neige le jour / gel la nuit), cependant les débits moyens journaliers n'évoluent qu'à partir du 20 mars, date à partir de laquelle le phénomène de fonte s'accroît.

Par ailleurs, sur le Nant de Sion, l'évolution des débits est plus particulièrement liée aux phénomènes de précipitations et présente donc un profil plus irrégulier. Tout comme l'Arve, le Nant de Sion a subi une augmentation de débit aux alentours du 20/03/2010. Par la suite, ce dernier a bénéficié d'une pluviométrie particulièrement importante qui a maintenu un débit de base de l'ordre de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ et entraîné 2 pics de débit le 27/03/2010 et le 03/04/2010 de l'ordre de $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Ces débits ayant rendu le piège inefficace, il est impossible de savoir s'ils ont eu ou non une influence sur les remontées de générateurs.

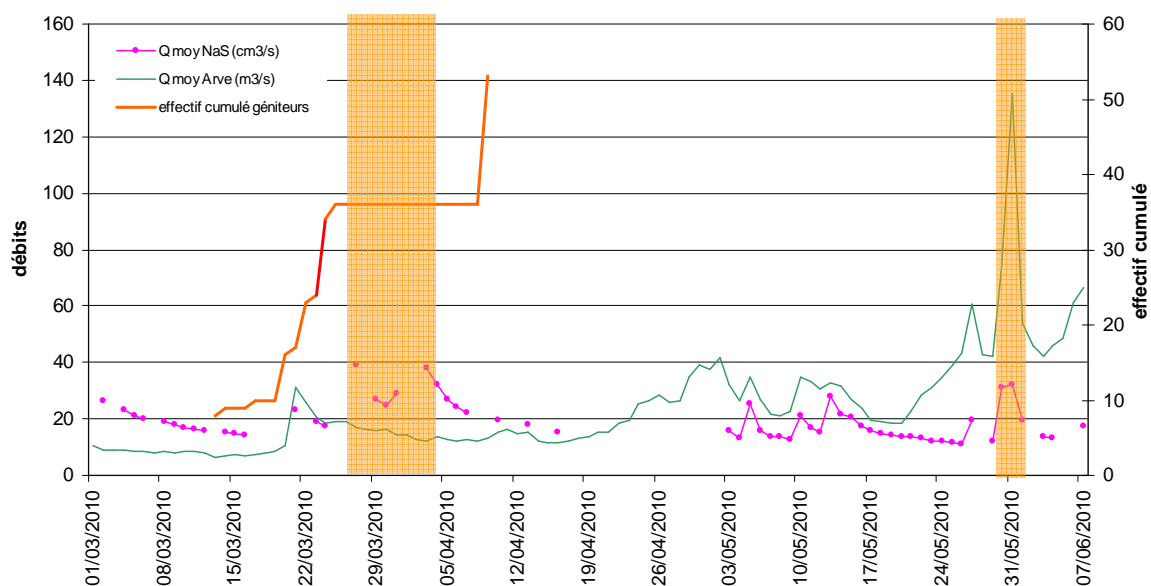


Figure 12 : Comparaison entre l'évolution des débits moyens journaliers du Nant de Sion aval et de l'Arve et les effectifs cumulés de générateurs montants.

III –Piégeage des juvéniles dévalants

A - Observations générales

Du 03 au 29 mai 2010, 63 juvéniles de taille comprise entre 15 et 41 mm, ont été capturés. La taille moyenne sur l'ensemble des captures est de 26,14 mm (± 6 mm). On observe une augmentation progressive de la taille des individus capturés au cours du temps (figure 13).

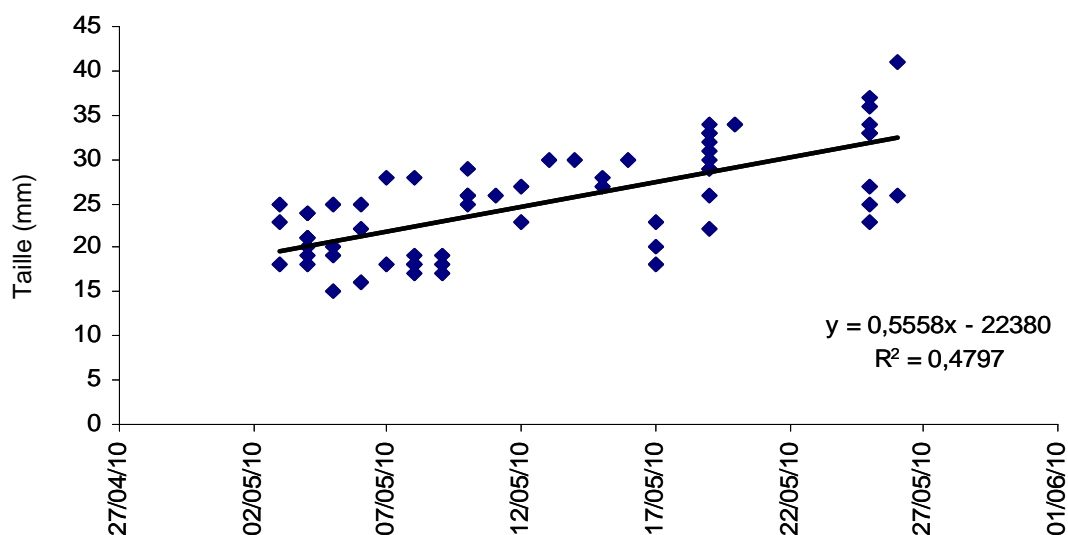


Figure 13 : Evolution temporelle de la taille des juvéniles d'ombre commun capturés sur le Nant de Sion.

B - Comparaison des captures entre les pièges

Une comparaison des captures des deux pièges a été effectuée (Figure 14). Le piège 1 correspond au chenal principal et le piège 2 à la veine secondaire.

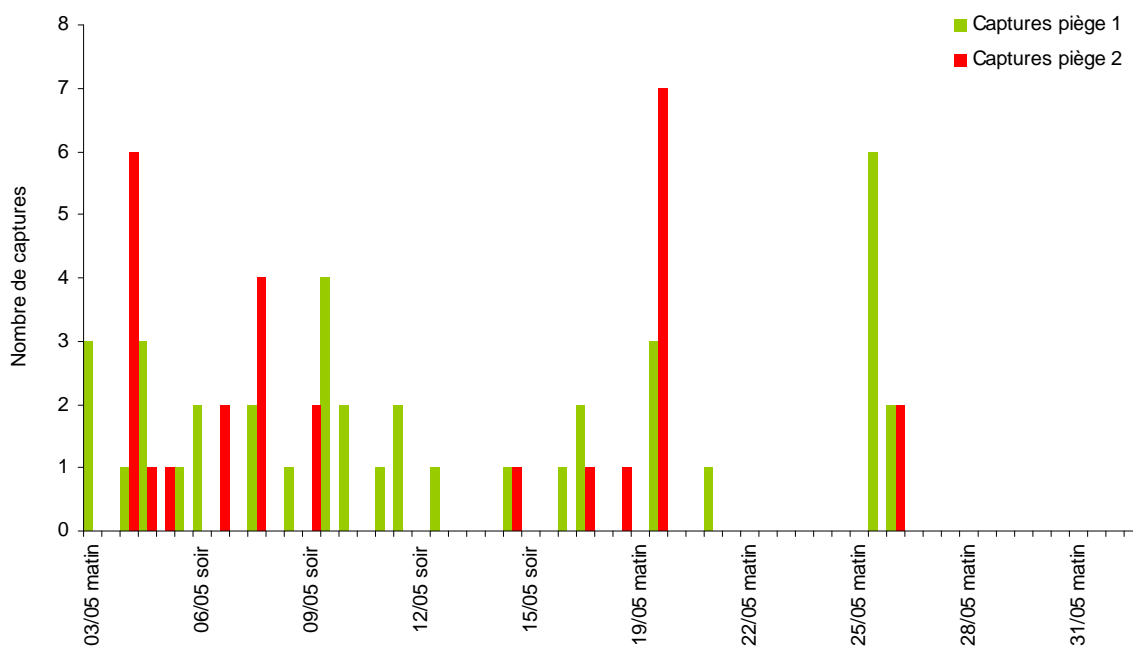


Figure 14 : Evolution temporelle des captures effectuées dans les 2 pièges disposés dans Nant de Sion : piège 1 en veine principale, piège 2 en veine secondaire.

Les pièges 1 et 2 ont permis la capture de 36 ombrets au total pour le premier et de 27 pour le second. Les pièges ont donc respectivement capturé 57,1% et 42,9% des individus piégés.

Les alevins capturés dans le chenal principal mesuraient en moyenne 26,5 mm, contre 23,6 mm pour ceux piégés dans la veine secondaire. Suite au test de Mann-Whitney, ces moyennes n'apparaissent pas comme significativement différentes ($P > 0,05$).

C - Comparaison des captures entre le jour et la nuit

Une comparaison des captures survenues durant la phase nocturne et durant la phase diurne a été effectuée (Figure 15). Les captures correspondent au cumul des deux pièges.

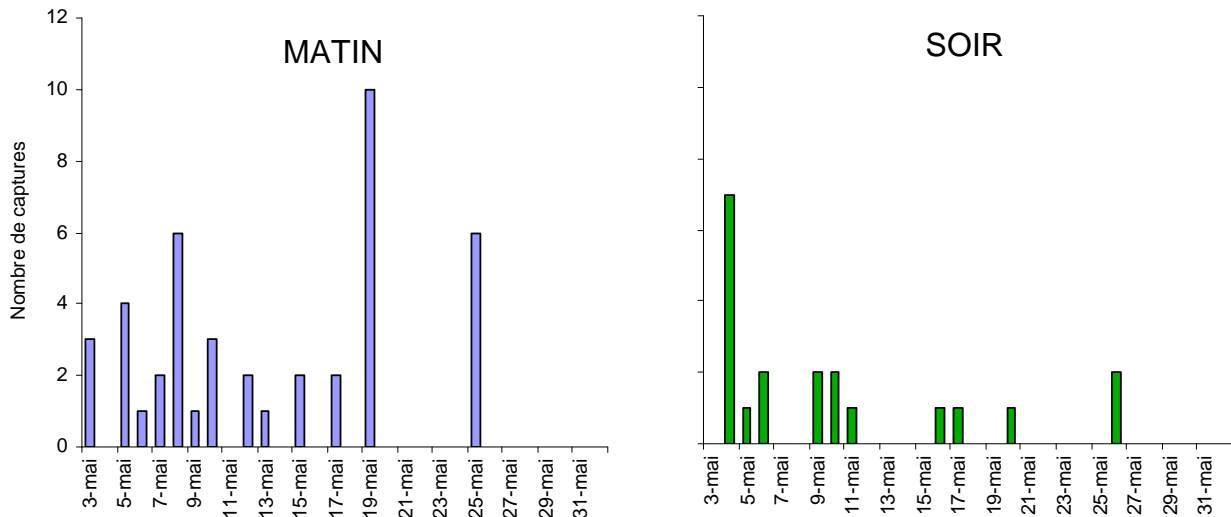


Figure 15 : Evolution temporelle des captures comptabilisées lors des relevés effectués le matin (à gauche) et le soir (à droite), sur le Nant de Sion.

Les captures survenues durant la phase nocturne sont au nombre de 43 contre 20 durant la phase diurne. 68,2 % des captures ont donc eu lieu la nuit.

Les captures relevées le matin présentent une taille moyenne de 27 mm contre 24,2 mm pour les relevés effectués le soir. Cependant, ces différences de tailles moyennes n'apparaissent pas comme significatives au vu du test de Mann-Whitney ($P > 0,05$).

D - Nombre de captures et conditions du milieu

La comparaison des variations de débits et de l'évolution du nombre de captures réalisée (figure 16) ne montre pas de corrélation entre ces deux variables. En effet, les pics de captures ne correspondent pas aux pics de débits.

De même l'évolution du nombre d'individus capturés ne semble pas montrer d'évolution liée à la température de l'eau (figure 17). Néanmoins, nous observons que les températures moyennes journalières observées sur le Nant de Sion restent supérieures à celles de l'Arve durant toute la période de développement des alevins (incubation, émergence et premiers stades de croissance).

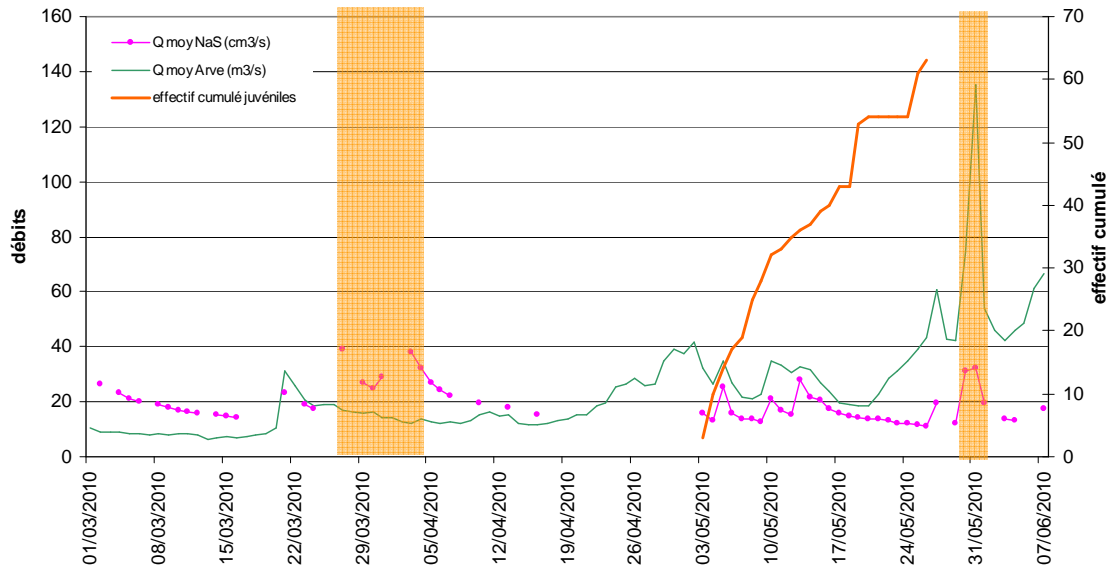


Figure 16 : Comparaison entre l'évolution du nombre cumulé d'individus capturés et les débits moyens journaliers du Nant de Sion (au niveau du piège) et de l'Arve (à Sallanches).

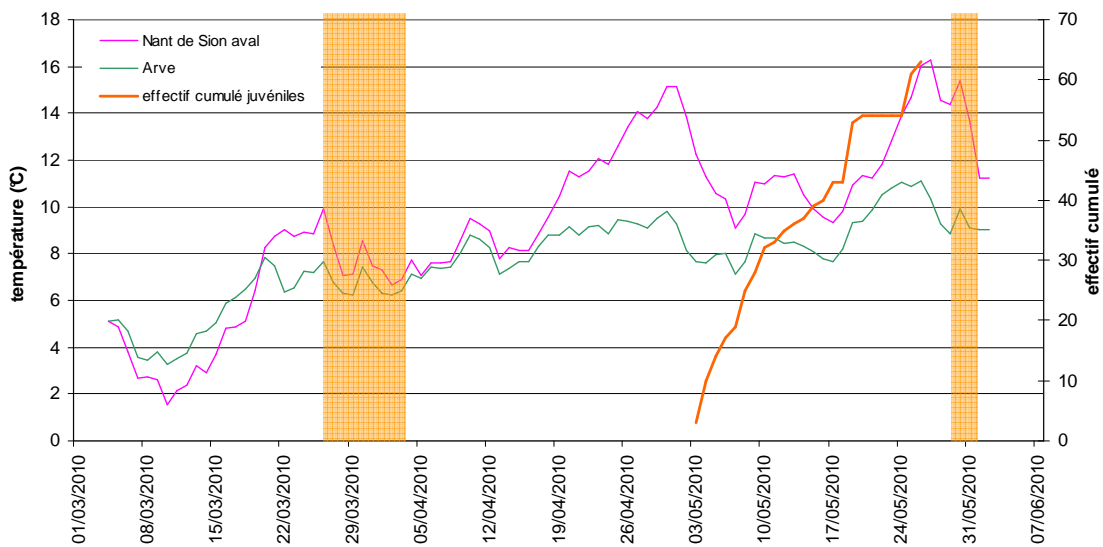


Figure 17 : Comparaison entre l'évolution du nombre cumulé d'individus capturés et la température moyenne journalière du Nant de Sion (au niveau du piège) et de l'Arve.

Discussion

Premiers retours sur les méthodologies mises en place : d'importantes limites méthodologiques à l'étude des migrations par piégeage *in-situ* et conditions particulières de l'année 2010

Par son contexte physique (petit gabarit, lit incisé), le Nant de Sion apparaît comme un site de piégeage idéal. Cependant, le présent retour d'expérience met en exergue quelques limites d'application aux méthodes employées.

Pour le suivi de la migration de reproduction des adultes, le piège mis en place a l'avantage de barrer la totalité du lit mineur, la principale lacune observée concerne le dispositif de piégeage qui n'est pas efficace sur une gamme de débit suffisante. En effet, aucun poisson n'a été piégé lorsque les débits étaient supérieurs à 350 l/s. Cet état de fait rend impossible l'éventuelle mise en relation des pics de débit et des remontées de géniteurs sur le Nant de Sion. Une modification du dispositif de piégeage qui consisterait au remplacement des déflecteurs actuels (flotteurs en PVC) par un système rigide ayant une plus grande emprise sur le cours d'eau pourrait contribuer à améliorer l'efficacité du piège. Néanmoins, malgré ces lacunes, le piège se révèle être la méthode la moins invasive pour compléter nos connaissances sur cette population, tout en étant néanmoins efficace : en effet, si l'objectif de quantifier précisément la taille de la population de géniteurs n'a pu être atteint (on sait juste que le nombre de géniteurs est > 52 individus), nous avons pu déterminer le sexe-ratio, la taille et le poids moyens, ainsi que la structure démographique de cette population. Compte-tenu de la taille de l'échantillon ($N = 52$), nous avons probablement par ces statistiques une image relativement représentative et fidèle des caractéristiques de la population de géniteurs.

Par ailleurs en ce qui concerne l'étude de la migration post-émergence des alevins d'ombre commun, les limites sont sans doute plus difficiles à surpasser. En effet, le dispositif de piégeage mis en place nécessite, de part la petite taille des individus à capturer (à partir de 20 mm) l'utilisation de fines mailles (3 mm) ce qui rend le piège très sensible au colmatage et peut le rendre très rapidement inefficace car perceptible par les individus à capturer. Ainsi, si le nettoyage du piège matin et soir s'est avéré être un entretien minimum, il n'est pas certain que cette fréquence soit suffisante, ni même que les modifications hydrauliques provoquées par le piège lui-même ne soient pas à elles seules les causes des difficultés de piégeage rencontrées pour les individus de taille supérieure à 41 mm. Il est en effet possible que la capacité nataoire des juvéniles soit suffisante à cette taille pour lui permettre l'évitement du piège. Ce phénomène d'évitement pourrait être contourné par le remplacement de l'échantillonnage stratifié expérimenté par un piège barrant toute la largeur du cours d'eau. Cependant cette solution n'est pas techniquement possible sur ce type de piège temporaire et aurait nécessité la mise en place d'un dispositif plus conséquent associé à un seuil. En outre, ce site d'étude ne répond pas au critère de vitesses d'écoulement qui devraient être d'au minimum 1 m/s pour garantir une bonne efficacité de piégeage sur les alevins de salmonidés (Volkhart *et al.*, 2007). Conscients de cette limite méthodologique, nous comptons sur l'assèchement du cours d'eau qui a en général lieu fin mai pour provoquer une dévalaison massive, cependant en 2010 cet à-sec n'a pas eu lieu du fait de conditions climatiques particulièrement et régulièrement pluvieuses. De plus, notre site de piégeage, pourtant à bonne distance de la confluence avec l'Arve (environ 400m), s'est trouvé submergé par une crue exceptionnelle de l'Arve, ce qui a créé une zone de stagnation et généré des conditions hydrauliques atypiques. Suite à cet événement qui a eu lieu fin mai, nous n'avons plus réalisé aucune capture de juvéniles d'ombre commun. Ainsi, cet essai de quantification des juvéniles d'ombre « produits » par le Nant de Sion n'est pas concluant et il semble pour le moment peu probable de trouver des réponses à toutes ces contraintes d'ordre matérielles (taille de maille), techniques (type d'échantillonnage) et naturelles (vitesses d'écoulements trop faibles, conditions hydrologiques de l'Arve) mises en évidence par cette expérience.

Les 52 géniteurs d'ombre commun capturés sur le Nant de Sion en 2010 ont une taille comprise entre 28 et 53 cm. La population de géniteurs d'ombres communs du Nant de Sion a une taille moyenne de 396 mm (\pm 48 mm) et un poids moyen de 546 g (\pm 223 g). Le sex-ratio observé est nettement en faveur des mâles avec 1 femelle pour 3 mâles, ce qui correspond à ce qui est observé ailleurs en Europe (Poncin, 1993). Nous observons une maturité sexuelle plus précoce chez les mâles (1+, cohorte 2008) que chez les femelles (2+). La grande majorité (78%) de l'effectif reproducteur mâle et femelle est constituée d'individus 2+ (3ans), comme observé sur la rivière d'Ain (Persat, 1977). Cependant 40% des femelles sont âgées de plus de 3 ans (3+,4+ et 5+), contre seulement 13% des mâles. La taille moyenne des individus de 3 ans est de 38 cm, ce qui correspond à un taux de croissance vraisemblablement supérieur mais néanmoins comparables aux autres taux observés en Europe (Persat, 1977) et plus particulièrement sur la rivière d'Ain. Ce fort taux de croissance semble traduire la très forte productivité de l'Arve.

Les captures réalisées par pêches électrique et par piégeage semblent indiquer que les mouvements migratoires des mâles et des femelles ont été simultanés en 2010. La majorité des observations relatées dans la bibliographie font référence à une arrivée plus précoce des mâles sur les sites de ponte (Fabricius & Gustafson 1955 ; Persat & Zahkaria, 1992, Poncin 1996, Parkinson *et al.*, 1999), ceci n'apparaît pas être une règle générale (Ovidio *et al.*, 2004, Meyer, 2001). Aucune observation n'a été menée quant à la durée de résidence des géniteurs sur le site de reproduction, cependant nous pouvons estimer la présence de géniteurs sur le site de reproduction à environ 1 mois : premières remontées constatées au 12 mars et présence de plusieurs individus constatée au 08 avril 2010. Cette période de reproduction est relativement concordante avec celles relevées dans la bibliographie (Ovidio *et al.*, 2004 ; Paquet, 2002 ; Lucas & Bubb, 2005). Selon Ovidio *et al.* (2004) la durée de résidence sur les sites de ponte est très variable (de 1 à 31 jours) d'une année sur l'autre et semble très fortement liées aux conditions hydroclimatiques : la migration post-reproduction semblerait liée à l'augmentation de la température moyenne journalière de l'eau de 7 à 11°C. En 2010, les conditions hydrologiques et donc thermiques étant très favorables sur la Nant de Sion, il semble que la reproduction ait pu se dérouler sans contraintes de milieu particulières et que la fin de la reproduction corresponde à des considérations physiologiques.

En adéquation avec les données disponibles dans la bibliographie (Ovidio *et al.*, 2004 ; Meyer, 2001 ; Witkowski & Kowalewski, 1988, Linløken, 1993 ; Kristiansen & Døving, 1996), il semble que la température joue un rôle essentiel dans le déclenchement des mouvements migratoires pré-reproducteurs. En effet, l'augmentation des effectifs de géniteurs capturés sur le Nant de Sion semble concordante avec l'atteinte simultanée d'une température d'eau de 7°C sur l'Arve et le Nant de Sion. Ce seuil apparaît en accord avec les données disponibles dans la littérature (citée précédemment) ou le déclenchement de la migration pré-reproduction est souvent associé à une hausse des températures et une diminution des débits. Hors, dans notre cas, le régime hydrologique particulier de l'Arve qui est une rivière nivoglacière ne répond pas simultanément à ces 2 critères. Ainsi, si l'on observe bien une augmentation de la température de l'eau au printemps, elle est associée à une augmentation des débits et non à une diminution des débits comme c'est le cas pour une rivière à régime pluvial ou pluvio-nival. Ainsi, il semblerait que le facteur thermique soit prédominant dans le déclenchement des phénomènes migratoires. En outre, aucun événement hydrologique particulier, que ce soit sur l'Arve ou sur le Nant de Sion, ne peut être mis en relation directe avec les mouvements migratoires observés.

Les captures de juvéniles d'ombre commun ont eut lieu du 03 au 26 mai 2010, les tailles des individus capturés étaient comprises entre 15 et 41mm. L'évolution de la taille des captures

nous montre une croissance régulière des alevins, mais également des écarts de taille importants pouvant aller jusqu'à 14 mm lors d'un même relevé. Les écarts de tailles observés peuvent probablement être expliqués par l'étalement de la fraie sur plusieurs semaines, vraisemblablement de mi-mars à mi-avril, qui correspond à la période de présence des géniteurs sur le site (du 12/03/2010 au 08/04/2010).

Les observations réalisées sur le Nant de Sion sont en adéquation avec les données bibliographiques disponibles et semblent indiquer :

- une émergence 150 à 200 degrés jours à partir de la fécondation, soit entre le 13/04 et le 07/05 (calcul basé sur données thermiques recueillies sur le site la même année),
- une période de post-émergence d'environ 3 semaines (Kratt & Smith, 1979), où les alevins mesurent de 15 à 20 mm et se tiennent en grands rassemblements dans les zones calmes et abritées de la rivière, en surface le long des berges (Bardonnet *et al.*, 1991 ; Alasdair, 1985). Pour les alevins ayant émergé en premier soit le 13/04, cette période s'étend du 03/04 au 03/05.
- un passage à la forme juvénile des alevins (20-40 mm) d'ombre commun au-delà de ces 3 semaines (à partir du 03/05) qui correspondrait à l'acquisition d'un comportement territorial et donc agressif et qui provoquerai le déplacement progressif des individus vers le courant principal et des secteurs plus profonds (Sempeski & Gaudin, 1995).

Il est à remarquer que les premières captures dans les pièges installés sur le Nant de Sion ont été constatées à la date du 03/05/2010 qui correspondrait au passage du stade post-émergent au stade juvénile des premiers alevins ayant émergés sur ce cours d'eau. Le critère de passage entre ces deux stades étant le développement d'un comportement territorial et donc agressif vis-à-vis des autres individus de la même espèce utilisant les mêmes habitats, il est possible que les individus plus jeunes ou plus faibles optent pour une stratégie d'évitement en dévalant à l'instar de ce qui est observé pour d'autres espèces de salmonidés (Heland *et al.*, 1995).

Malgré le peu d'individus capturés ce scénario correspondrait aux observations faites sur le Nant de Sion :

- une dévalaison progressive qui ne correspond pas à l'atteinte d'un seuil d'un paramètre physico-chimique (seuil de température, ou de concentration en oxygène) qui provoquerait une dévalaison massive.
- une dévalaison à tendance nocturne qui pourrait correspondre à la période de compétition maximale lorsque les juvéniles (20-40 mm) opèrent un retour vers les habitats de berge (Valentin *et al.*, 1994 ; Sempeski et Gaudin, 1995). En effet, ces habitats deviennent de plus en plus limitants au fur et à mesure que de nouveaux alevins issus des pontes plus tardives émergent et que les alevins plus précoces grossissent.
- une dévalaison sans différenciation de localisation dans le chenal (veine principale *versus* veine secondaire), très difficile à aborder dans un cours d'eau dont la largeur à l'étiage est de l'ordre de 4 mètres et les hauteurs d'eau très faibles comprises entre 0 et 30 cm à l'étiage. Dans ces conditions, les notions d'habitat de berge (1,5m des rives) et d'habitats profonds sont difficile à appréhender.

Ainsi, il semble que les captures réalisées dans le cadre de ce travail sont davantage liées à un phénomène de répartition des juvéniles répondant à un ajustement « des densités aux ressources spatiales et trophiques du milieu » (Sempeski & Gaudin, 1995 ; Heland *et al.*, 1995), qu'à une réponse aux paramètres du milieu que nous nous proposons d'étudier. Si elle n'a pas d'effet sur les mouvements migratoires des alevins d'ombre, il est possible que la température du Nant de Sion, plus élevée que celle de l'Arve en période d'émergence et lors du stade alevin, entraîne une croissance plus rapide de ces individus. Par conséquent, il est

probable que l'effet positif de la température sur le développement et la croissance des alevins du Nant de Sion leur procure un avantage vis-à-vis des alevins de l'Arve.

Ce travail a été largement perturbé par les conditions exceptionnelles de l'année 2010 déjà traitées dans la première partie de la discussion. Par ailleurs nous n'avons pu remplir notre objectif initial de quantification des juvéniles apportés par le Nant de Sion au système Arve. Une approche quantitative très approximative basée sur le nombre de femelles contactées par piégeage et pêche électrique (au nombre de 13 en 2010) et sur les données bibliographiques concernant les quantités d'œufs produits par femelle (entre 6000 et 11.000) permet d'estimer le nombre d'œufs potentiellement fécondés sur ce cours d'eau en 2010 entre 78.000 et 143.000 œufs. Cependant, ne disposant pas de données sur le taux de survie relatif à ce milieu, il n'est pas possible d'estimer la quantité de juvéniles produits. En outre, il apparaît que les probabilités de survie diffèrent significativement selon les populations (Haugen, 2000) et que ces différences seraient la traduction de variances génétiques qui correspondraient à des adaptations locales des populations pour répondre au mieux aux conditions de leur milieu (Haugen & Vøllestad, 2000).

Implications pour la gestion

Les résultats obtenus sur ce site sont très parcellaires car ils ne concernent que la période de reproduction et donc deux stades du cycle de vie de l'ombre commun (géniteurs et juvéniles) d'un seul site de reproduction.

Ils nous fournissent néanmoins des informations sur la validité de la réglementation en vigueur sur le département de la Haute-Savoie. Ainsi, les dates d'ouverture à la pêche de cette espèce : du 21 mai (pour 2010) à la fermeture (selon catégorie piscicole), assurent qu'il n'y ait pas de prélèvements des géniteurs durant la période de fraie. Cette mesure est en outre doublée par l'interdiction de pêche de cette espèce sur tous les cours d'eau de Haute-Savoie hors domaine publique, ce qui implique la protection des géniteurs sur l'ensemble des affluents frayères du bassin de l'Arve.

Par ailleurs, le fort taux de croissance observé sur les géniteurs d'ombre commun issus de l'Arve et remontant sur le Nant de Sion pour se reproduire, génère des interrogations sur la taille de capture en vigueur. En effet, elle interdit le prélèvement des individus de taille inférieure à 30 cm ce qui correspond quasi-exclusivement à des individus immatures au moment de la reproduction (au printemps). Il serait nécessaire d'évaluer la taille des géniteurs potentiels (2+) à l'automne précédant la première reproduction de ces individus afin de savoir si cette taille est suffisante et permettre, le cas échéant, de mettre en place une taille protégeant la majorité de ces individus 2+ qui dominent des effectifs reproducteurs.

Conclusion

Ce travail sur les mouvements migratoires de l'ombre commun réalisé sur un affluent frayère de l'Arve, nous apporte des éléments nouveaux du point de vue :

- méthodologique : le retour d'expérience en ce qui concerne le suivi de la migration des géniteurs montants est satisfaisant du point de vue des informations apportées (date et comportement de montée, sex-ratio, biométrie, scalimétrie...) et pourra à l'avenir être amélioré en efficacité par la mise en place d'un dispositif assorti d'un système de déflecteurs rigides qui permettrait d'augmenter la gamme de débits auxquels le piège est efficace. Par contre, pour ce qui est du suivi des mouvements migratoires des juvéniles, il apparaît que ce type d'approche par piégeage présente trop de contraintes matérielles et techniques pour être ré-envisagé dans l'immédiat.
- de la connaissance des populations d'ombre commun de notre département jusqu'à présent très peu étudiées. Aussi, si ce travail nous a permis d'approcher la population d'ombre commun de l'Arve et d'obtenir quelques éléments nouveaux de connaissance : relation taille/âge des géniteurs, précision de la période et des comportements de migration pré-reproduction, effet de la température sur le déclenchement de la migration, observation des comportements compétitifs des juvéniles d'ombre, il reste beaucoup de données à acquérir pour connaître l'état démographique et comprendre le fonctionnement de cette espèce sur le système Arve, données nécessaires pour la mise en place d'une gestion adaptée.

D'autres travaux, menés en parallèle en collaboration avec nos partenaires techniques et scientifiques (INRA UMR Carrtel, ONEMA, HEPIA et FDPPMA 74) concernant la génétique des populations (programme Thymallus) ou encore le suivi de la migration post reproduction des géniteurs du bassin de la Menoge par radio-téléométrie (en cours) compléterons prochainement ces premiers résultats.

Cependant nous pouvons d'ores et déjà envisager certains compléments au suivi des géniteurs réalisé sur le Nant de Sion :

- à l'instar de ce qui est fait sur d'autres sites en Haute-Savoie (Basse Dranse, Redon, Foron de Sciez) sur la truite fario, la précision des informations apportées pourrait être améliorée par un marquage des poissons capturés à l'aide de transpondeurs (PIT-tag) injectés dans la cavité générale du poisson. Ce procédé qui permet d'identifier individuellement chaque poisson nous permettrait de compléter le simple suivi des effectifs de géniteurs par l'acquisition de connaissance sur leur fidélité (ou non) à un affluent frayère, le nombre de participations à la reproduction d'un individu, le taux de croissance des individus en cas de re-capture plusieurs années de suite.
- il serait également envisageable de compléter le suivi radio-téléométrique en cours sur la Menoge par le suivi de la post-reproduction des géniteurs du Nant de Sion.

D'une manière générale, l'acquisition de données sur plusieurs années est nécessaire à la meilleure compréhension des relations et leurs variations interannuelles entre les géniteurs de l'Arve et cet affluent frayère.

Enfin, si l'ombre commun est une espèce à fort intérêt halieutique dans de nombreuses régions de France où les gestionnaires de la pêche la considèrent comme une espèce emblématique et attractive pour les pêcheurs, il n'en est pas de même en Haute-Savoie. Il serait probablement intéressant en parallèle du travail technique mené sur les populations d'ombre commun du département de mieux connaître les attentes des pêcheurs sur cette espèce afin de proposer une gestion adaptée permettant à la fois la pérennité des populations en place et le développement d'une activité halieutique autour de cette espèce dont le potentiel semble actuellement sous-estimé.

BIBLIOGRAPHIE

- Alasdair S., 1985. Distribution, growth, and feeding of postemergent grayling *Thymallus thymallus* in an English River. Transactions of the American Fisheries Society, 114:525-53.
- Bardonnnet A., Gaudin P. & Persat H., 1991. Microhabitat and downstream displacement in young grayling (*Thymallus thymallus*). Freshwater Biology, 26 : 365-376.
- CSP DR5, 2001. Etat du peuplement piscicole de trois stations de l'Arve –situation de l'ombre commun- 25pp.
- Fabricius E. & Gustafson K.J., 1955. Observations on the spawning behaviour of the grayling, *Thymallus thymallus* (L.). Institute of Freshwater Research, Drottningholm, Report 36:75-103.
- Haugen, 2000. Early survival and growth in populations of grayling with recent common ancestors—field experiments. Journal of Fish Biology, 56 : 1173–1191.
- Haugen & Vøllestad, 2000. Population differences in early life-history traits in grayling, Journal of Evolutionary Biology, 13 : 897-905
- Heland M., Gaudin P. & Bardonnnet A., 1995. Mise en place des premiers comportements et utilisation de l'habitat après l'émergence chez les salmonidés d'eau courante. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, n° 337-338-339, Colloque habitat-poissons, 191-197.
- Keith P. et Allardi J. (Coord), 2001. Atlas des poisons d'eau douce de France. Patrimoines Naturels, 47: 387p.
- Kirchhofer A., Breitenstein M., and Guthruf J. 2002. Populations d'ombres d'importance nationale, Berne.
- Kratt L. F. & Smith R.J.F., 1979. Agonistic behaviour of age 0, age 1 and non-breeding adult Arctic grayling *Thymallus arcticus* (Pallas). Journal of Fish Biology 15:389-404.
- Kreitmann L., 1931. Carte piscicole de Haute-Savoie. Extrait Trav. Lab. Hydrobiologie et Pisc. Grenoble, XXIIIe année, 1931, 15p.
- Kristiansen H. & Døving K.B. 1996: The migration of spawning stocks of grayling *Thymallus thymallus*, in lake Mjøsa, Norway. Environ. Biol. Fish. 47: 43–50.
- Lecuret C., 1994. Schéma Départemental à Vocation Piscicole de Haute-Savoie (mise à jour). DDAF, 5p. + fiches.
- Linløken A., 1993: Efficiency of fishways and impact of dams on the migration of grayling and brown trout in the Glomma river system, south-eastern Norway. Regulated Rivers, Research and Management, 8: 145–153.
- Lukas M.C. et Bubb D.H., 2005. Seasonal movements and habitat use of grayling in the UK. Science report : SC030210/SR. University of Durham, 80p. + annexes (published by Environmental Agency).
- Meyer L., 2001. Spawning migration of grayling *Thymallus thymallus* (L., 1758) in a Northern German Lowland river. Archives für Hydrobiologie, 152: 99–117.
- Ovidio, M., Parkinson, D., Sonny, D., and Philippart, J.C. 2004. Spawning movements of European grayling *Thymallus thymallus* in the River Aisne (Belgium). Folia Zoologica, 53(1): 87-98.
- Paquet G., 2002. Biologie et écologie de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) dans l'Orbe à la vallée de Joux, canton de Vaud, Suisse. Thèse. Université de Lausanne, Suisse.
- Parkinson D., J.-C. Philippart J.-C. & Baras E. 1999. A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. Journal of Fish Biology, 55: 172–182.

Persat H., 1977. Ecologie de l'ombre commun. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 266 : 11-20.

H. Persat, 1982. Photographic identification of individual grayling, *Thymallus thymallus*, based on the disposition of black dots and scales. Freshwater Biology 12(1): 97-101.H.

Persat H. & Zakharia M. E., 1992. The detection of reproductive activity of the grayling *Thymallus thymallus* (L. 1758) by passive listening. Archives für Hydrobiologie, 123 : 469–477.

Persat, H., and Eppe, R. 1997. Alevinage, pollution et cloisonnement de l'espace fluvial dans les structures génétiques des populations de poisson: l'ombre commun, *Thymallus thymallus*, dans le Rhône au niveau de la Savoie. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 70(344-45): 287-299.

Poncin P., 1996. A field observation on the influence of aggressive behaviour on mating success in the European grayling. Journal of Fish Biology, 48: 802-804.

Uiblein, F., Jagsch, A., Honsig-Erlenburg, W., and Weiss, S. 2001. Status, habitat use, and vulnerability of the European grayling in Austrian waters. Journal of Fish Biology 59(sA): 223-247.

Sempeski P. & Gaudin P., 1995. Habitat selection by grayling I. Spawning habitats. Journal of Fish Biology, 47: 256-265.

Valentin S., Sempeski P., Souchon Y. & Gaudin P., 1994. Short-term habitat use by young grayling, *Thymallus thymallus* L., under variable flow condition in an experimental stream. Fisheries Management and Ecology, 1 : 57-65.

Volkhart G. C., Johnson S. L., Miller B.A., Nickelson T. E. & Seiler D. A., 2007. Rotary screw traps and inclined plane screen traps. Disponible sur : http://stateofthesalmon.org/fieldprotocols/downloads/SFPH_p8.pdf

Witkowski A. & Kowalewski M., 1988. Migration and structure of spawning population of European grayling *Thymallus thymallus* (L.) in the Dunajec basin. Archives für Hydrobiologie, 112 : 279–297.

Wojtenka J., 1985. Schéma départemental de vocation piscicole de la Haute-Savoie. DDAF Haute-Savoie., 66p + annexes.

ANNEXES

Annexe 1 : Profils en travers des mesures de débits extraits du logiciel Cassiopee (CSP1993-1996)

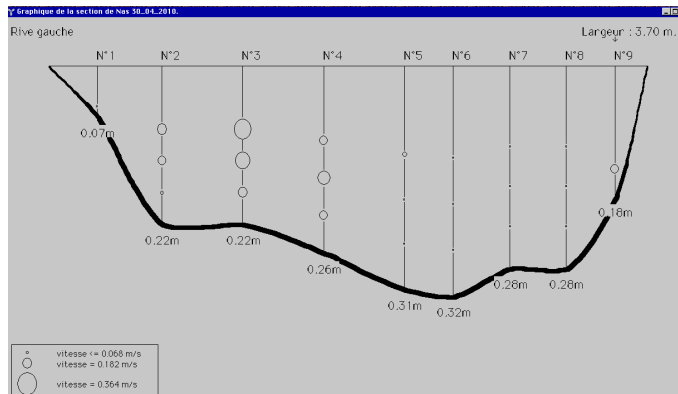
Annexe 2 : Données brutes piégeage géniteurs d'ombre commun sur le Nant de Sion, 2010

Annexe 3 : Données brutes piégeage juvéniles d'ombre commun sur le Nant de Sion, 2010.

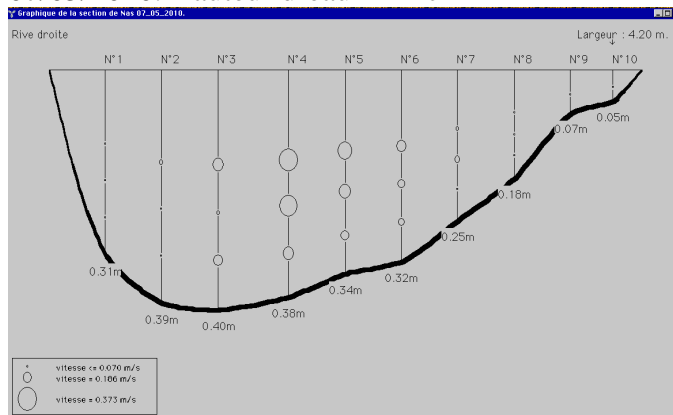
Annexe 4 : Synthèse bibliographique J. Gil (2010) sur les dispositifs de piégeage des juvéniles de salmonidés et les méthodes d'estimation

Annexe 1 : Profils en travers des mesures de débits extraits du logiciel Cassiopee (CSP1993-1996)

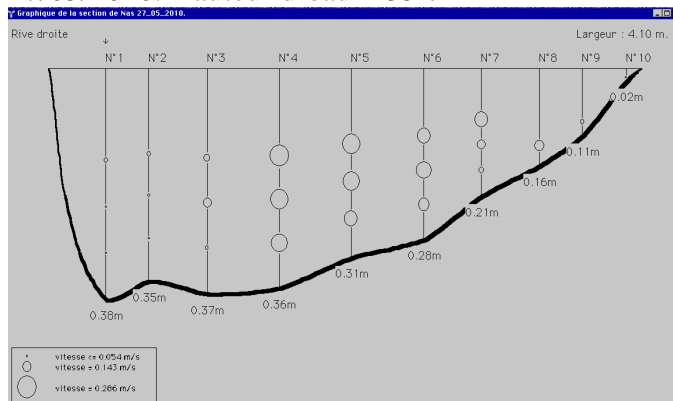
30/04/2010 : Hauteur d'eau = 14cm



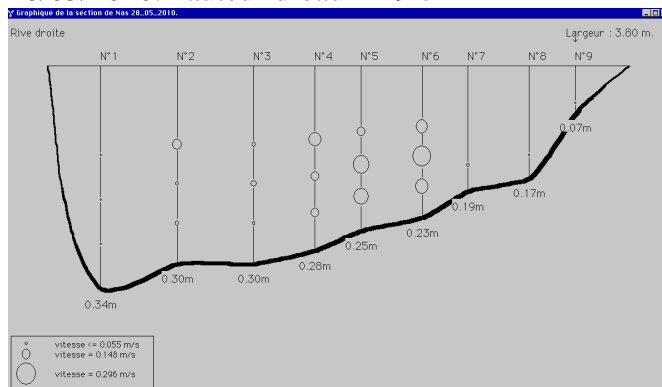
07/05/2010. Hauteur d'eau = 22 cm



27/05/2010. Hauteur d'eau = 35 cm



28/05/2010. hauteur d'eau = 19 cm



Annexe 2 : Données brutes piégeage géniteurs d'ombre commun sur le Nant de Sion, 2010

1° CAPTURE													RECAPTURE														
DATE	LIEU	NUMERO	AGE	LF	LT	POIDS	SEXE	1	2	3	4	5	6	7	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	REMARQUE	PIEGE	PE 2	PIEGE	PE 3	PIEGE
20/03/2010	Piège	A-001	2+	360	385	481	M.sp.	7	1	5	0	2	0	0	3	2	5	2	2	0	3	P.66					
12/03/2010	PE - Aval piège	A-002	2+	335	-	364	M.sp.	1	1	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	Blessure dorsale	22/03/2010				
20/03/2010	Piège	A-003	2+	335	360	361,7	M.sp.	1	3	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	P.69					
12/03/2010	PE - Aval piège	A-004	2+	385	410	629	M.sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	Blessure arr. dorsale (12.03.2010), blessure adipeuse et bas caudale (08.04.2010)	14.03.2010 17.03.2010	08/04/2010			
20/03/2010	Piège	A-005	2+	350	370	414	M.sp.	1	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	P.72	24.03.2010 ?				
12/03/2010	PE - Aval piège	A-006	2+	375	400	519	M.sp.	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
20/03/2010	Piège	A-007	2+	365	390	526,2	M.sp.	2	6	0	2	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	P.74					
12/03/2010	PE - Aval piège	A-008	2+	372	402	579	M.sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	AD - ?					
20/03/2010	Piège	A-009	2+	382	405	593	M.sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	2	P.75 / Blessure flanc gauche (08.04.2010)		08/04/2010			
12/03/2010	PE - Aval autoroute	A-010	3+	415	454	761	M.sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Balafre droite					
20/03/2010	Piège	A-011	4+	455	495	978,4	M.sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	AD - P.76					
12/03/2010	PE - Aval autoroute	A-012	2+	377	407	568	M.sp.	4	0	4	2	0	0	0	2	3	3	2	2	0	0	Marque héron dorsale et caudale	17/03/2010	08/04/2010			
23/03/2010	Piège	A-013	3+	411	437	762,5	M.sp.	2	7	2	1	5	0	0	1	6	0	0	0	0	0	Dorsale déchirée (23.03.2010), blessure flanc gauche et pectorale flanc droit (08.04.2010)		08/04/2010			
12/03/2010	PE - Aval Les Roches	A-014	2+	387	410	554	M.sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
24/03/2010	Piège	A-015	2+	355	380	568	F	0	1	9	3	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0						
12/03/2010	PE - Aval Les Roches	A-016	2+	345	373	435	M.sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Poisson mort - blessure profonde prédation					
24/03/2010	Piège	A-017	2+	349	373	420	M.sp.	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	3	0	0	0						
12/03/2010	PE - Aval Les Roches	A-018	3+	385	418	666	M.sp.	4	9	2	0	0	0	0	5	5	8	4	2	0	0	rou côté droit vers dorsale					
24/03/2010	Piège	A-019	2+	330	355	426	Fm	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	expulse qq ovules					
12/03/2010	PE - Amont Les Roches	A-020	2+	330	355	330	F (travée ?)	1	2	0	0	0	0	0	0	3	3	4	0	0	0	blessée bilatérale vers dorsale					
24/03/2010	Piège	A-021	2+	315	340	338,7	Fm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Coup bec flanc gauche					
21/03/2010	Piège	A-022	5+	485	525	1249	F	3	2	2	7	3	0	0	5	6	8	11	28	15	11	Blessure arrière dorsale (marque bec en V)					
24/03/2010	Piège	A-023	2+	355	382	439,5	M.sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Blessure bec dos arrière dorsale					
22/03/2010	Piège	A-024	4+	450	488	978	F	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0						
24/03/2010	Piège	A-025	2+	342	366	398,9	M.sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	caudale abimée (photo)					
22/03/2010	Piège	A-026	2+	342	371	403	M.sp.	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0						
24/03/2010	Piège	A-027	2+	325	348	351	M.sp.	1	0	4	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	caudale abimée (photo)					
22/03/2010	Piège	A-028	2+	339	365	388	M.sp.	4	1	1	2	0	0	0	3	2	2	2	0	0	0						
24/03/2010	Piège	A-029	2+	342	373	414,6	M.sp.	3	0	1	0	0	0	0	2	1	3	2	2	0	0						
22/03/2010	Piège	A-030	2+	339	367	362	M.sp.	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	Manque quelques écailles (barrette longue)					
24/03/2010	Piège	A-031	2+	381	404	604,4	M.sp.	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	1	0	0						
22/03/2010	Piège	A-032	3+	411	445	905	F	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Blessure flanc gauche arr. dors. (3 zébrures) Dégrappée et partiellement plate					
24/03/2010	Piège	A-033	2+	329	353	353,6	M.sp.	7	0	6	2	0	0	0	4	4	3	0	1	0	0						
25/03/2010	Piège	A-034	2+	355	380	452	M.sp.	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Blessure flanc droit arrière dorsale					
25/03/2010	Piège	A-036	2+	335	342	464	F dégrap.	2	2	3	0	0	0	0	3	4	1	4	2	3	1						
08/04/2010	PE	A-038	3+	430	467	716	F	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3	0	AD-					
08/04/2010	PE	A-040	5+	500	527	1285	M.sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
08/04/2010	PE	A-042	2+	344	362	388	M.sp.	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0						
08/04/2010	PE	A-044	2+	357	382	429	M.sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0						
08/04/2010	PE	A-046	2+	344	363	417	Fm	5	5	5	6	1	0	0	3	4	3	2	7	2	5						
08/04/2010	PE	A-048	4+	443	473	912,5	F?	3	6	3	0	0	0	0	6	5	5	4	9	5	10	Blessure avant caudale, sous-caudale abimée					
08/04/2010	PE	A-050	2+	308	332	347	F	10	6	9	1	1	2	0	0	10	6	2	0	0	0						
08/04/2010	PE	A-052	1+	256	279	172	M.sp.	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0						
08/04/2010	PE	A-054	2+	380	410	554	M.sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	Dorsale double déchirure					
08/04/2010	PE	A-056	2+	385	405	563	M.sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0						
08/04/2010	PE	A-058	2+	347	374	435	M.sp.	9	3	4	5	0	0	0	6	7	1	2	3	3	5						
08/04/2010	PE	A-060	2+	332	360	336	F?	7	1	5	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0						
08/04/2010	PE	A-062	2+	381	408	564	M.sp.	5	0	5	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0						
08/04/2010	PE	A-064	2+	354	381	445	M.sp.	2	2	7	5	0	0	0	3	1	2	1	1	3	0	Blessure flanc gauche avant					
08/04/2010	PE	A-066	2+	372	405	541	M.sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	grosse blessure flanc gauche avant					
08/04/2010	PE	A-068	2+	385	417	597	M.sp.	7	1	4	1	0	0	0	0	6	1	5	4	2	0						
08/04/2010	PE	A-070	2+	397	429	649	M.sp.	3	2	4	4	2	0	0	3	2	3	2	0	0	0	Grosse tâche noire caudale flanc D, cicatrice dorsale flanc G					
08/04/2010	PE	M	?	389	395	-	-	8	10	7	12	9	5	1	0	7	2	6	9	4	7	Blessure flanc droit niveau dorsale / individu marqué mais aucun code correspondant					

Annexe 3 : Données brutes piégeage juvéniles d'ombre commun sur le Nant de Sion, 2010.

Piège 1 et Piège 2 Nombre de captures

Taille des captures (mm)

date	Captures Piège 1	Captures Piège 2	Total
03-mai	3	0	3
04-mai	0	7	7
05-mai	3	1	4
06-mai	3	0	3
07-mai	1	1	2
08-mai	2	4	6
09-mai	3	0	3
10-mai	3	1	4
11-mai	0	1	1
12-mai	2	0	2
13-mai	1	0	1
14-mai	1	0	1
15-mai	1	1	2
16-mai	0	1	1
17-mai	2	1	3
18-mai	0	0	0
19-mai	4	6	10
20-mai	1	0	1
21-mai	0	0	0
22-mai	0	0	0
23-mai	0	0	0
24-mai	0	0	0
25-mai	6	1	7
26-mai	0	2	2
27-mai	0	0	0
28-mai	0	0	0
29-mai	0	0	0
30-mai	0	0	0
31-mai	0	0	0
01-juin	0	0	0
TOTAL	36	27	63

Date	p1	p2
03/05/10	23	
03/05/10	25	
03/05/10	18	
04/05/10		21
04/05/10		24
04/05/10		24
04/05/10		20
04/05/10		21
04/05/10		18
04/05/10		19
05/05/10	15	
05/05/10	19	
05/05/10	25	
05/05/10		20
06/05/10	22	
06/05/10	25	
06/05/10	16	
07/05/10	28	
07/05/10		18
08/05/10	18	
08/05/10	19	
08/05/10		18
08/05/10		18
08/05/10		18
08/05/10		28
09/05/10	19	
09/05/10	17	
09/05/10	18	
10/05/10	29	
10/05/10	26	
10/05/10	26	
10/05/10		25
11/05/10		26
12/05/10	23	
12/05/10	27	
13/05/10	30	
14/05/10	30	
15/05/10	28	
15/05/10		27
16/05/10		30
17/05/10	23	
17/05/10		20
17/05/10	18	
19/05/10		30
19/05/10		29
19/05/10	33	
19/05/10		31
19/05/10		26
19/05/10		29
19/05/10		22
19/05/10	33	
19/05/10	34	
19/05/10	32	
20/05/10	34	
25/05/10	25	
25/05/10		23
25/05/10	33	
25/05/10	33	
25/05/10	27	
25/05/10	34	
25/05/10	37	
25/05/10		36
26/05/10		41
26/05/10		26
MOYENNE	25,61	24,57

Annexe 4 : Synthèse bibliographique J. Gil (2010) sur les dispositifs de piégeage des juvéniles de salmonidés et les méthodes d'estimation

La publication de VOLKHART *et al.*, 2007 compile de manière assez exhaustive les connaissances d'un bon nombre d'articles concernant la dévalaison des salmonidés. Sauf indication, le contenu apparaissant dans cette partie est tiré de cette publication.

a. Dispositif de piégeage

Le choix du site de piégeage doit répondre aux critères suivants :

- l'emplacement choisi doit se situer à l'aval et à bonne distance des frayères afin qu'une sélection et une dispersion représentative aient pu avoir lieu,
- le site ne doit pas être déplacé durant toute l'opération, sous peine de fausser les données,
- la zone ne doit pas présenter de caractéristiques pouvant faciliter l'évitement du piège par les alevins comme par exemple des mouvements d'eau (tourbillons),
- le piège doit être placé dans une zone où le courant est suffisamment important pour rendre l'échappement des alevins impossible ($1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). On peut noter à ce sujet que la vitesse de nage des juvéniles n'excède pas 20 à 30 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (PAQUET, 2006)

Les différents facteurs pouvant affecter l'efficacité du piège sont :

- l'écoulement : plus le courant est faible plus les risques d'évitement et d'échappement sont importants,
- la visibilité : une bonne visibilité permet au poisson de percevoir le piège plus aisément, ce qui peut influencer sur le taux d'évitement et en affecter l'efficacité,
- le bruit : il peut aussi favoriser l'évitement.

Les modifications hydrologiques jouent un rôle important dans les facteurs affectant le pouvoir capturant du piège. Une hausse du débit associée à une augmentation de la turbidité semblerait optimiser l'efficacité du dispositif, alors qu'un courant plus faible et une eau plus claire pourrait entraîner l'effet inverse.

En raison de ces variations, il conviendrait de tester le pouvoir capturant de notre dispositif durant toute la durée du piégeage.

b. Méthode d'estimation

Les méthodes d'estimation les plus usitées dans les études de dévalaison de salmonidés (RAYTON, 2006 ; HAINES *et al.*, 2000 ; PAHLKE et BERNARD, 1996) sont celles de Petersen (PETERSEN, 1896) et ses dérivées. (ex; CHAPMAN, 1951). Il s'agit de méthodes de Capture-Marquage-Recapture (CMR). Le principe d'une CMR consiste à capturer lors d'un premier piégeage un certain nombre d'individu, de les marquer, puis de procéder à un second piégeage.

Equation de Petersen:

$$N_i = \frac{n_i M_i}{m_i}$$

Et

$$E_i = \frac{m_i}{n_i}$$

Avec:

m_i = nombre de poissons marqués et relâchés durant la période i .

M_i = nombre de poissons marqués et recapturés durant la période i .

N_i = estimation du nombre d'alevins dévalant durant la période i .

n_i = nombre de poissons marqués durant la période i .

E_i = efficacité estimée du piège durant la période i .

Les hypothèses de base associées à cette méthode de calcul sont que :

- la population est fermée,
- tous les poissons ont la même probabilité d'être capturés au premier comme au second piégeage,
- la marque ne doit pas influencer sur la capacité du poisson à être capturé,
- les marques doivent être persistantes,
- toutes les marques sont détectées à la recapture.

Dans le cas d'études sur la dévalaison, les juvéniles capturés sont donc marqués puis remis à l'eau en aval du piège, afin qu'ils repassent par la suite dans la zone du dispositif de piégeage.

Il existe différents types de marquages pouvant s'appliquer aux poissons (élastomère, VIT, prélèvement d'écaillés, *etc*), mais dans le cas de juvéniles ne dépassant pas 40 à 50mm, la solution la plus sûre semble être l'ablation d'une nageoire pelvienne.

Le point de remise à l'eau est un élément important dans cette manipulation. De lui dépendra la fiabilité des recaptures en aval, donc d'une partie de l'estimation des alevins dévalants. Ainsi, la remise à l'eau doit s'effectuer assez loin du lieu de capture pour que les alevins marqués puissent se présenter dans la zone de piégeage avec une distribution spatiale similaire à celle des individus non-marqués. Cependant, cette distance ne doit pas non plus être trop éloignée du lieu de capture sous peine d'avoir un effet de prédation substantiel sur les spécimens relâchés. Au final une distance avoisinant les 300 m est conseillée. En outre, Il faut veiller à relâcher les poissons de façon uniforme dans le cours d'eau (à partir des deux rives) afin de ne pas influencer la répartition latérale de ces derniers.

BIBLIOGRAPHIE :

CHAPMAN D. G. 1951. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological censuses. University of California, University of California Publication in Statistics.

HAINES D.E., POLLOCK K.H. & PANTULA S.G., 2000. Population size and total estimation when sampling from incomplete list frames with heterogeneous inclusion probabilities. Survey Methodology, Statistics Canada : 26 (2) : 121-129.

PAHLKE et BERNARD, 1996. Abondance of the Chinook Salmon escapement in the Taku River, 1989 to 1990. Alaska Fishery Research Bulletin. Vol 3 (1) : 9-20.

PETERSEN C. G. J. 1896. The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German sea. Report of the danish biological station.6:1-77.

RAYTON M. D., 2006. Okanogan basin monitoring and evaluation program rotary screw trap protocols. The Colville Confederated Tribes.

VOLKHART G. C., JOHNSON S. L., MILLER B.A., NICKELSON T. E. & SEILER D. A., 2007. Rotary screw traps and inclined plane screen traps. Disponible sur : http://stateofthesalmon.org/fieldprotocols/downloads/SFPH_p8.pdf