

## VARIABILITE DES MESURES SCALIMETRIQUES CHEZ LES COREGONES DU LAC D'ANNECY

Daniel GERDEAUX<sup>1</sup>

---

### RESUME

La variabilité des mesures scalimétriques chez les corégones du lac d'Annecy a été étudiée pour comparer les composantes inter- et intra-poisson. La variabilité entre écailles d'un même poisson s'avère nettement plus faible que la variabilité entre poissons. Toutefois, il est judicieux d'effectuer des mesures sur 3 à 4 écailles par poisson. On met ainsi en évidence des différences de la taille à 1 an à l'intérieur d'une même cohorte entre les poissons qui entrent jeunes dans la pêcherie et ceux qui y entrent plus tardivement. Il serait possible, en tenant compte de ce phénomène, d'avoir une estimation de la pression de pêche importante sur cette espèce à Annecy.

### VARIABILITY OF SCALE MEASUREMENTS IN WHITEFISH FROM LAKE ANNECY

#### ABSTRACT

*The among- and within-fish variations of scale measurements in whitefish from lake Annecy were compared. The within-fish variability was clearly lower than the among-fish variability. However it proved judicious to measure 3 or 4 scales per fish. In this way, it was possible to distinguish a variation in growth between the fish of one cohort which first enter in the fishery and those which enter later.*

---

<sup>1</sup> INRA, BP 511, 74203 THONON LES BAINS

Les mesures sur les écailles de poissons sont fréquemment utilisées pour la détermination de l'âge et l'estimation de la croissance (Bagenal et Tesch, 1978 ; Summerfelt et Hall, 1987). Bien que les écailles disponibles ne sont pas toujours limitantes, un nombre restreint d'entre elles, voire une seule, est souvent étudié pour chaque poisson examiné.

La variation à l'intérieur d'une unité d'échantillonnage est rarement prise en considération dans les études de scalimétrie. Pourtant cette préoccupation est habituelle dans les procédures d'échantillonnage (Dagnélie, 1970). Beaucoup d'auteurs mesurent plusieurs écailles du même poisson pour estimer un rayon moyen mais la variance entre ces mesures n'intervient plus dans les analyses ultérieures. Seulement quelques travaux prennent en compte la variance des mesures entre écailles d'un même poisson (Kipling, 1962 ; Newman et Weisberg, 1987).

L'estimation de la variation entre écailles d'un même poisson est nécessaire pour déterminer la taille d'échantillon requise (nombre d'écailles) pour parvenir à un degré de précision donné. Si la variabilité entre écailles est forte, la précision de la mesure de la taille rétrocalculée à partir d'une ou deux écailles sera faible et on devrait en tenir compte dans des comparaisons de schémas de croissance ainsi obtenus. Ceci est d'autant plus important que le nombre de poissons étudiés est faible. Une analyse de variance sur des données scalimétriques permettra d'apprécier la variance intra et inter-poissons et ainsi la précision des mesures effectuées.

Le propos de cet article est : 1) de décrire les variations inter et intra poissons pour une même cohorte de corégones (*Coregonus palea*) du lac d'Annecy, 2) de montrer l'intérêt de retenir 3 à 4 écailles par poisson, 3) de mettre en évidence l'importance de la connaissance de la dynamique de la population exploitée dans l'interprétation des résultats des rétrocalculs des tailles.

## MATERIEL ET METHODES

Le travail a porté sur des échantillons mensuels d'écailles de corégones pêchés sur le lac d'Annecy par les pêcheurs professionnels. Ces poissons sont capturés à l'aide de filets maillants de 52 à 54 mm de maille (noeud à noeud). Durant la saison de pêche un échantillon d'au moins 100 poissons est récolté dans la première semaine de chaque mois auprès des 5 pêcheurs. La longueur totale des corégones varie entre 38 et 50 cm avec un mode de longueur entre 40 et 44 cm. La plupart de ces poissons sont dans leur 4ème ou 5ème année (3<sup>+</sup> et 4<sup>+</sup>) pour la période de notre étude (1989 et 1990).

Les écailles sont prélevées sur le flanc entre la ligne latérale et l'aplomb postérieur de la nageoire dorsale, et sont conservées à sec. Une impression de 5 écailles par poisson est faite sur film plastique, puis lues dans un lecteur de microfiches. Les annuli sont reportés le long d'un rayon sur une feuille transparente et les mesures sont faites sur cette feuille avec une table à digitaliser qui envoie les mesures dans un micro-ordinateur.

Les mesures des rayons antérieurs des annuli ont été faites sur 4 écailles parmi les 5 imprimées pour chaque poisson, pour 10 échantillons mensuels de mai 1989 à

septembre 1990. Ce choix restreint à 4 écailles parmi 5 permet de ne retenir que les écailles les plus nettes et garantit un nombre égal d'écailles interprétées pour chaque poisson. La longueur rétrocalculée ne servant pas ici pour une analyse absolue de la croissance, nous avons retenu comme modèle de relation entre la mesure du rayon et la longueur du poisson une droite passant par l'origine.

Ainsi, si la taille du poisson à la capture est  $L_c$ , si les mesures du rayon de l'écaille et du rayon de l'annulus  $i$  sont  $R_c$  et  $R_i$ , nous obtenons simplement une longueur à l'âge  $i$  égale à  $L_c \times R_i/R_c$ .

Les échantillons du mois d'août 1989 ont été analysés en détail pour 28 poissons de la cohorte 1986 et 55 poissons de la cohorte 1985.

L'analyse de variance a été utilisée pour estimer les composantes de la variance totale qui sont la variance entre les écailles sur un même poisson ( $\sigma^2_e$ ) et la variance entre poissons ( $\sigma^2_p$ ). Pour chaque cohorte une analyse de variance a été faite sur la valeur rétrocalculée de la longueur du poisson à 1 an et à 2 ans.

D'autres analyses de variance ont porté sur les tailles rétrocalculées des poissons de la cohorte 1986 trouvés dans chacun des 10 échantillons mensuels retenus de 1989 et 1990. Une analyse a été faite avec l'année comme critère, une autre pour chaque année avec le mois comme critère d'analyse.

## RESULTATS

Les valeurs de la longueur rétrocalculées à 1 an et à 2 ans pour chacune des cohortes 1986 et 1985 montrent que les variations entre les écailles d'un même poisson sont d'un ordre de grandeur nettement plus faible que celui des variations observées entre poissons (figures 1 et 2).

Pour les 28 échantillons de la cohorte 86, l'amplitude de variation des tailles rétrocalculées entre poissons est de presque 70 mm alors que l'amplitude de variation pour un poisson donné est au maximum de 30 mm pour la longueur à 1 an. Ces amplitudes sont respectivement de 100 mm et 50 mm pour la taille à 2 ans. Pour les 54 poissons de la cohorte 85, l'amplitude entre poissons est de l'ordre de 6 cm pour une amplitude de variation de 2,5 cm pour les quatre écailles d'un même poisson. L'analyse de variance sur les tailles rétrocalculées à 1 an pour chaque cohorte montre bien que la variance entre écailles d'un même poisson est beaucoup plus faible que la variance entre les poissons (tableau 1). Néanmoins la variance entre écailles d'un même poisson est loin d'être négligeable et n'effectuer qu'une mesure par poisson peut conduire à des biais importants. La distribution des tailles à 1 an et 2 ans peut être variable si on ne prend qu'une seule écaille par poisson (figures 3 et 4). Les distributions des tailles à 1 an ne sont pas trop divergentes. Par contre les distributions à 2 ans ne sont pas toutes semblables si on les compare avec un risque de 10 % (test  $\chi^2$ ).

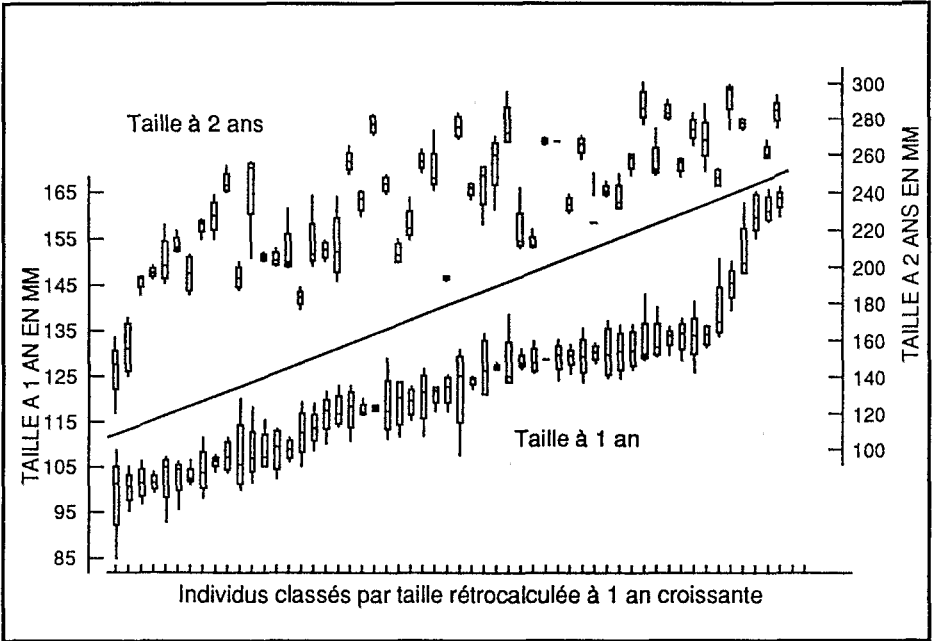


Figure 1. Variabilité des longueurs rétrocalculées à l'âge de 1 an et de 2 ans pour 55 corégones de la cohorte 1985 du lac d'Annecy, pêchés en août 1989. Les individus ont été classés suivant la taille rétrocalculée à 1 an croissante. Les mesures obtenues sur 4 écaillés différentes sont portées suivant une représentation statistique qui indique l'étendue des variations (trait vertical), les moyennes des 2 valeurs extrêmes supérieures et inférieures et des 2 valeurs médianes (traits horizontaux).

Les distributions des tailles estimées à 1 an pour les poissons de la cohorte 1986 pêchées en 1989 et 1990 présentent des modes différents suivant l'année de pêche (figure 5). En 1989, le mode se place entre 120 et 130 mm alors qu'en 1990 il est plutôt entre 110 et 120 mm. Les poissons qui entrent dès leur quatrième année dans la pêcherie seraient donc les individus à croissance la plus rapide dans leur première année qui auraient maintenu cet avantage de taille les années suivantes.

Cela est corroboré par une assez bonne corrélation entre la taille à 1 an et la taille à 2 ans (figures 1 et 2). Le coefficient de corrélation est de 0,68 pour les poissons de la cohorte 1985 et de 0,72 pour ceux de la cohorte 1986. L'analyse de variance met bien en évidence la différence observée entre 1989 et 1990 (tableau 2). L'analyse de variance sur tous les mois des deux années montre que les moyennes des longueurs à 1 an ne sont pas homogènes. Pour les valeurs des mois de 90, on conclut que les moyennes sont statistiquement égales. Pour les mois de 1989 le test montre que les moyennes ne sont pas homogènes mais si on retire le mois de mai 89, les moyennes de juin à septembre sont statistiquement égales.

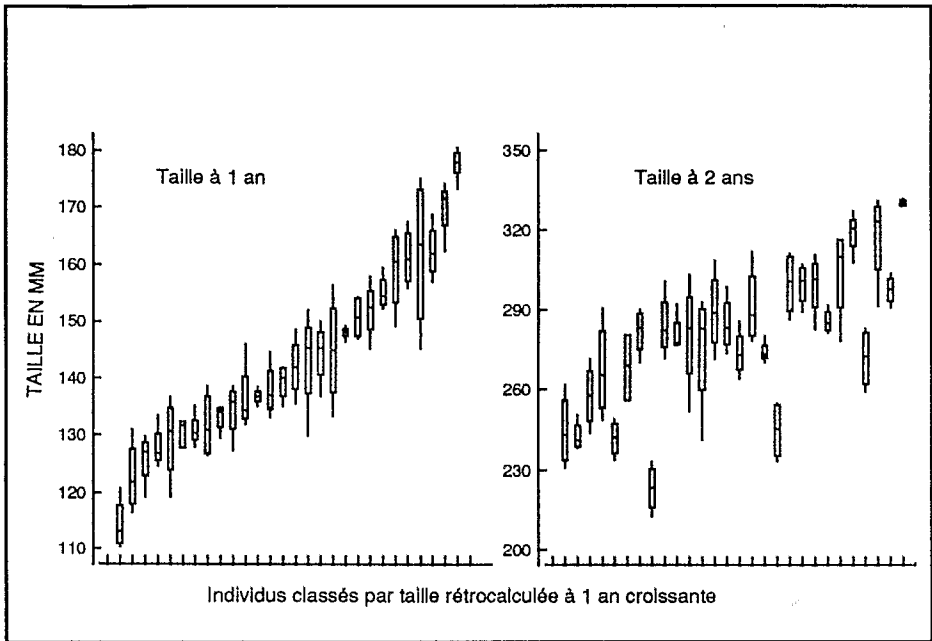


Figure 2. Variabilité des longueurs rétrocalculées à l'âge de 1 an et de 2 ans pour 28 corégones de la cohorte 1986 du lac d'Annecy, pêchés en août 1989. Les individus ont été classés suivant la taille rétrocalculée à 1 an croissante. (Représentation identique à la figure 1).

Tableau 1. Résultats de deux analyses de variances faites sur les longueurs à 1 an obtenues à partir de 4 écailles différentes sur 28 poissons de la cohorte 1986 et 55 poissons de la cohorte 1985. La variabilité interpoissons est beaucoup plus forte que la variabilité intrapoisson.

Source de variabilité	Sommes des carrés	d.l.	Carré moyen	F-ration	Sig.
entre poissons 1986	25287,05	27	936,55	27,859	.0000
intra poissons 1986	2790,28	83	33,62		
entre poissons 1985	57219,22	54	1059,61	24,65	.0000
intra poissons 1985	6963,12	162	42,98		

## DISCUSSION

La variabilité des mesures faites sur plusieurs écailles d'un même poisson ne peut pas être négligée si l'on veut faire des comparaisons valables sur des échantillons différents. La mesure de plusieurs écailles par poisson permet un gain de précision

d'autant plus appréciable que le nombre de poissons échantillonnés est quelquefois limité par des contingences matérielles inévitables. Dans le cas du suivi de la population de corégones du lac d'Annecy, la récolte des écailles est faite gracieusement par les gardes-pêche.

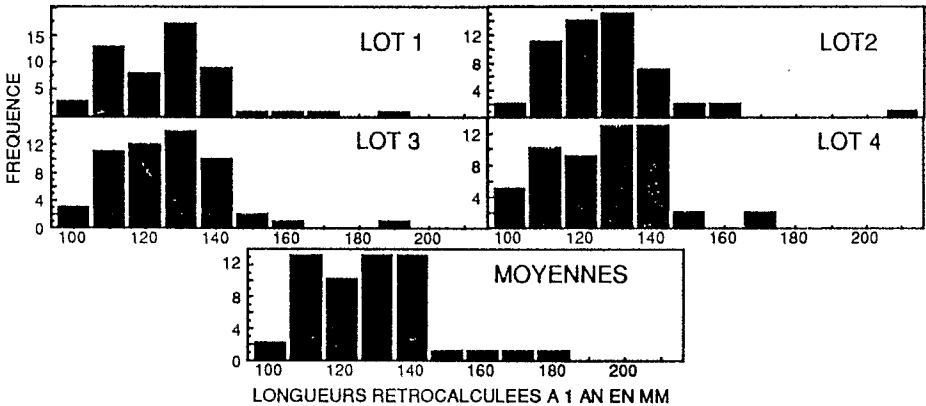


Figure 3. Distributions des tailles rétrocalculées à 1 an obtenues en ne retenant qu'une écaille au hasard parmi 4 (lot 1 à 4) ou en effectuant la moyenne des 4 écailles.

On ne peut pas leur demander de prélever exactement les mêmes écailles sur chaque poisson mais uniquement dans une zone restreinte, d'autant plus que le démaillage des poissons enlève parfois quelques écailles dans la partie concernée du poisson. Par contre, le nombre d'écailles prélevées par poisson n'est pas limité puisque l'absence d'écailles n'influe pas sur la valeur marchande du poisson.

Ce mode de prélèvement introduit une cause de variabilité dans les mesures qui s'ajoute ainsi aux erreurs de mesure et à la variabilité naturelle, expliquant ainsi les différences observées.

Le coefficient de variation (écart-type/moyenne) étant au maximum de l'ordre de 5 % entre les mesures faites sur différentes écailles d'un même poisson, on peut ainsi déterminer la taille nécessaire de l'échantillon d'écailles à mesurer pour aboutir à une certaine précision. Selon les abaques de Dagnelie (1970, p. 19) un échantillon de 3 à 6 écailles de corégones permet d'atteindre une marge d'erreur relative de 10 à 5 % sur la mesure rétrocalculée à 1 an. Si dans ces conditions on souhaite comparer les moyennes des tailles entre 4 échantillons de corégone par exemple dans le but de tester une éventuelle différence de longueur de 10 % entre les moyennes extrêmes, on trouve qu'un lot de l'ordre de 20 poissons apparaît comme suffisant.

Avec cet effectif, la différence testée peut même descendre à moins de 5 %, c'est-à-dire de l'ordre de 5 mm. Il est donc raisonnable de comparer des longueurs moyennes de 130 mm et de 110 mm.

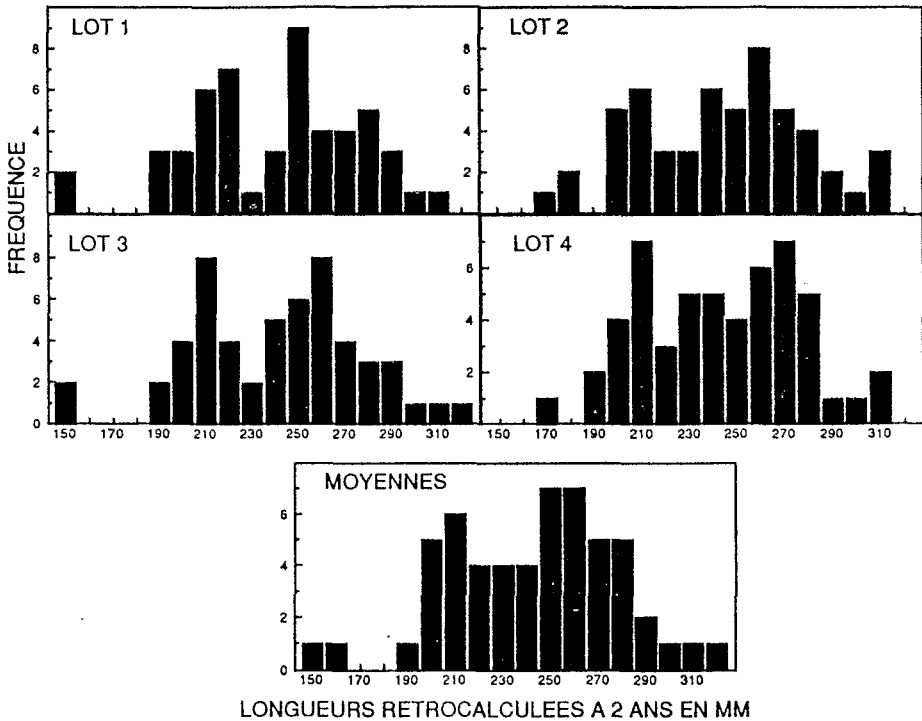


Figure 4. Distribution des tailles rétrocalculées à 2 ans obtenues en ne retenant qu'une écaille au hasard parmi 4 (lot 1 à 4) ou en effectuant la moyenne des 4 écailles.

L'obtention de ce niveau de comparaison est facilitée par la taille des écailles de corégone et la vitesse de croissance de ces poissons. Un poisson en début de 4<sup>ème</sup> année mesure 400 mm de longueur totale et le rayon d'une écaille est de l'ordre de 4 mm. Pour une autre espèce à écailles plus petites, il n'est pas certain que la même précision des mesures des longueurs rétrocalculées puisse être atteinte avec un échantillon d'écailles de même taille. Le coefficient de variation est de l'ordre de 8 % pour des écailles de truites (Newman et Weisberg, 1987). Ces auteurs préconisent également le recours à plusieurs écailles pour un même poisson. Ils ont calculé à quelle augmentation du nombre de poissons échantillonnés correspondait une augmentation du nombre d'écailles retenues par poisson compte-tenu de la corrélation intra-classe ( $r = \sigma_p^2 / (\sigma_p^2 + \sigma_e^2)$ ). Dans le cas des échantillons de corégone du lac d'Annecy, la corrélation intra-classe est comprise entre 0,7 et 0,8. Passer de 1 à 4 écailles par poisson correspond à une augmentation d'au moins 18 % du nombre de poissons observés. Passer de 4 à 5 écailles ne permet pas un gain appréciable (2 à 3 %), de même le gain obtenu en passant de 3 à 4 écailles n'est guère plus important. Il semble donc que retenir 3 à 4 écailles par poisson apporte une assez bonne précision.

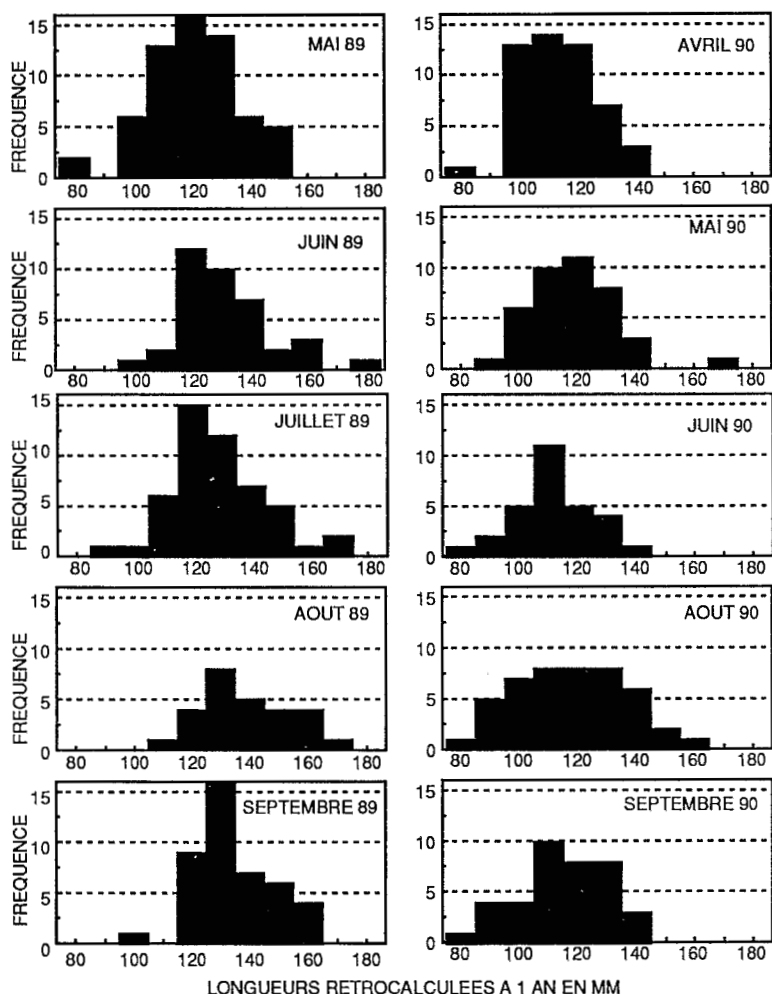


Figure 5. Répartition des tailles rétrocalculées à 1 an des corégones de la cohorte 1986 échantillonnées mensuellement en 1989 et 1990.

Par contre un effort supérieur à 4 écailles par poisson n'est pas rentable.

Les variances sur les tailles moyennes rétrocalculées à 1 an sont homogènes dans le temps (tableau 2). Ceci suggère qu'un petit nombre d'échantillons faits à des dates différentes suffit à estimer ces variances.

Pendant ces résultats ne sont pas extrapolables pour d'autres populations ou d'autres espèces. Cela rend nécessaire ces estimations de variance pour chaque cas spécifique abordé.



Tableau 2. Résultats des analyses de variances sur les échantillons de corégones de la cohorte 1986 pêchés en 1989 et 1990, d'abord en regroupant les échantillons de chaque année et ensuite à l'intérieur d'une année entre les échantillons mensuels. Les nombres de poissons, la moyenne de la longueur à 1 an, l'erreur-standard et l'intervalle de confiance de la moyenne sont indiqués pour chaque groupe.

Source de variation	Somme des carrés	d.l.	Carré moyen	F-ratio	Sig.	
inter année en 89 et 90	20924.06	1	20924.06	84.866	.0000	
intra mois en 89 et 90	104045.92	422	246.55			
inter mois en 89	7344.232	4	1836.058	8.016	.0000	
intra mois en 89	49245.065	215	229.046			
inter mois en 90	1072.297	4	268.0743	1.150	.3342	
intra mois en 90	46384.330	199	233.0870			
					Bornes de l'intervalle de confiance à 95%	
	Nombre	Moyenne	Erreur standard			
89	220	134.52	1.083	132.44	136.60	
90	204	120.46	1.070	118.30	122.62	
MAI89	62	126.55	1.950	122.76	130.34	
JUIN89	38	136.36	2.570	131.52	141.20	
JUIL89	50	133.98	2.208	129.76	138.20	
AOUT89	27	143.78	2.941	138.04	149.52	
SEPT89	43	139.21	2.044	134.66	143.76	
AVRIL90	51	119.14	1.800	114.93	123.36	
MAI90	40	123.10	2.320	118.34	127.87	
JUIN90	29	116.45	2.582	110.86	122.04	
AOUT90	46	122.67	2.732	118.23	127.11	
SEPT90	38	119.85	2.508	114.97	124.73	

Compte tenu de ces analyses, on s'aperçoit donc que les mesures rétrocalculées de la longueur à 1 an sont significativement différentes pour les poissons de la même cohorte pêchés deux années successives. Ceci est en relation directe avec une pression de pêche assez forte qui entraîne une sélectivité marquée par l'emploi de filets maillants aux mailles toujours identiques (52 à 54 mm).

On est ainsi en présence d'un phénomène analogue au phénomène de Lee. En effet, un poisson à croissance lente qui entrera dans la pêcherie plus tardivement qu'un poisson à croissance rapide de la même cohorte, a une espérance de vie plus élevée. Mais ceci est, en fait, en liaison directe avec la pression de pêche.

L'importance des variations entre les schémas de croissance des poissons qui entrent successivement dans la pêche devrait permettre de fournir un indice relatif de la pression de pêche, seulement si la variabilité de croissance est toujours du même ordre de grandeur entre les cohortes. Seul un suivi prolongé permettra de répondre à cette question.

**REMERCIEMENTS**

Les prélèvements d'écaillés ont été effectués principalement par Mr C. KHAL de la DDAF de Haute-Savoie et Mr G. TISON garde-pêche du CSP auprès des pêcheurs professionnels. Mme BARRAUD de l'INRA a réalisé les impressions des écaillés et la plupart des mesures.

**REFERENCES**

- BAGENAL T.B., TESCH F.W., 1978. Age and growth. Pages 101-136 in Bagenal, editor. Methods for assessment of fish production in fresh waters, 3rd edition. IBP Handbook No. 3, Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.
- DAGNELIE P., 1970. Théorie et méthodes statistiques. Duculot Ed. Gembloux, vol. 2.
- KIPLING C., 1962. The use of scales of the brown trout (*Salmo trutta* L.) for the back-calculation of growth. *Journal du Conseil, Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 27 : 304-315.
- NEWMAN R.M., Weisberg S., 1987. Among and within-fish variation of scale growth increments in brown trout in R.C. Summerfelt & G.E. Hall, editors. Age and growth of fish. *Iowa SState University Press* : 159-166.
- SUMMERFELT, R.C., HALL G.E., 1987. Age and growth of fish. *Iowa State University Press* : 544 p.