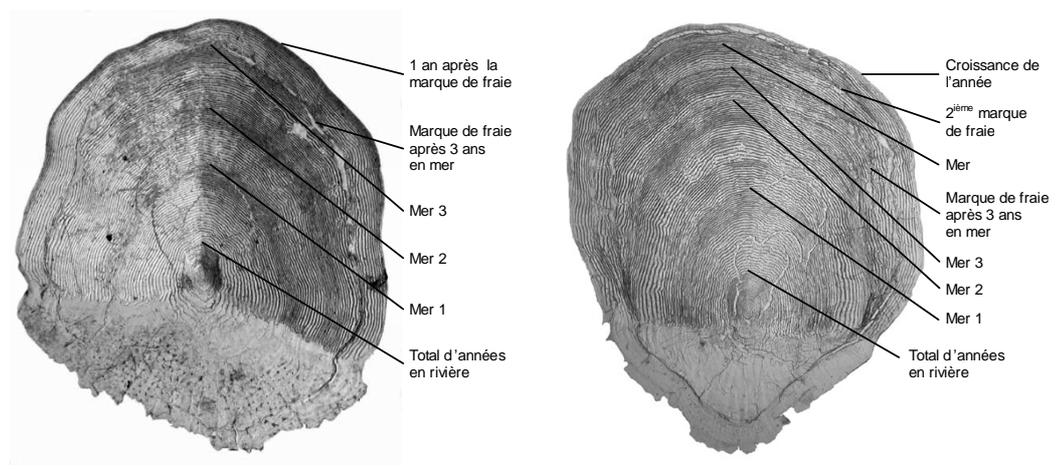


Saumon (*Salmo salar*) d'Atlantique Nord-Ouest : Calibration Franco- Canadienne de l'estimation de l'âge

Rapport final du contrat SALMOCODAGE



Financé par
le Ministère Français de l'Outre-Mer et le Conseil territorial de Saint Pierre et Miquelon



Saumon (*Salmo salar*)
d'Atlantique Nord-Ouest :
Calibration Franco-
Canadienne
de l'estimation de l'âge

Rapport final du contrat SALMOCODAGE
Ministère Français de l'Outre-Mer

sommaire

Résumé.....	4
Abstract	6
Introduction.....	8
1. Caractéristiques spécifiques de l'écaille	10
1.1. Ecailles cycloïdes chez les <i>salmonidae</i>	10
1.2. Terminologie utilisée en scalimétrie.....	10
2. Prélèvement et Nettoyage	16
2.1. Zone de prélèvement	16
2.2. Prélèvements	17
2.3. Prise de données	17
a) Données essentielles.....	17
b) Données complémentaires.....	18
2.4. Nettoyage.....	18
2.5. Méthode de montage	18
3. Observation des écailles	21
3.1. Méthode canadienne.....	21
3.2. Méthode française.....	21
4. Nomenclature internationale pour interpréter les écailles de saumon atlantique	23
5. Estimation du biais entre les experts.....	24
1.1. Sources d'erreurs.....	26
5.1.	26
6. Images de référence	27
Références.....	34
Annexe 1: Liste des participants.....	37
Annexe 2: Agenda.....	38

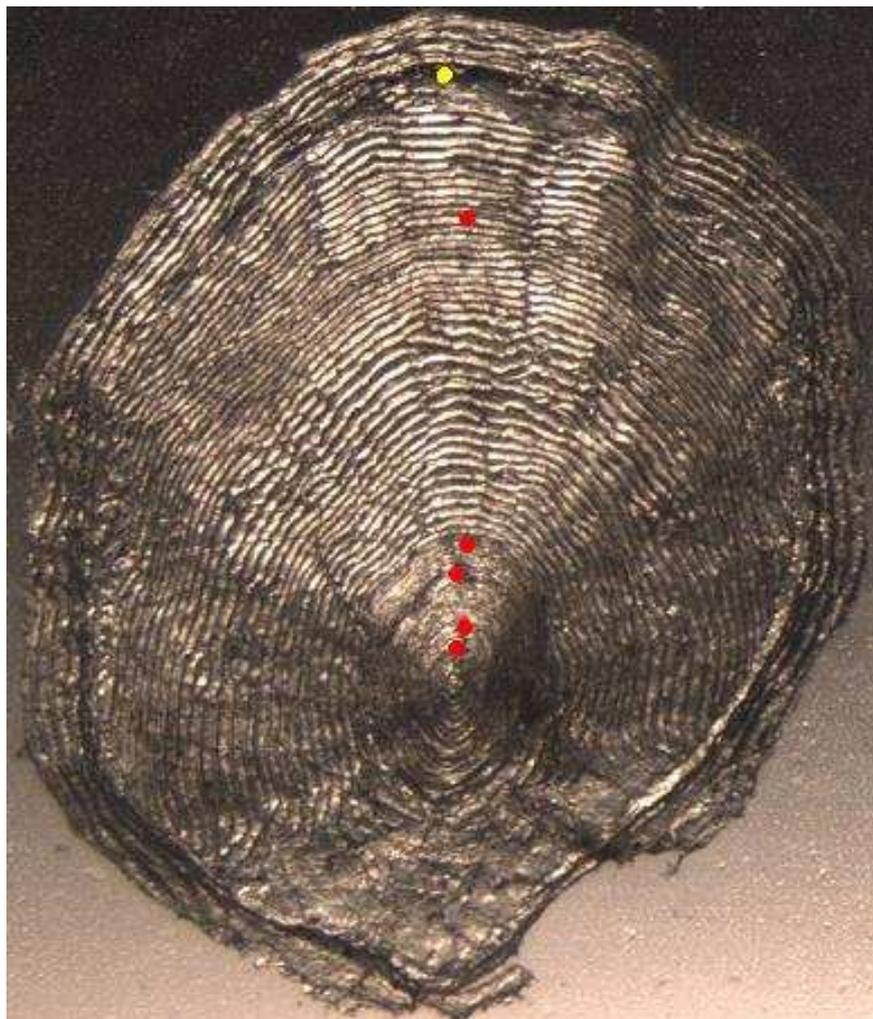
Résumé

La France et le Canada travaillent conjointement pour suivre les populations de saumon (*Salmo salar*) de l'Atlantique Nord-Ouest intégrant le territoire de Saint Pierre et Miquelon (sous-division 3Ps). Les données d'âge sont ainsi fournies par ces pays. L'estimation de l'âge du saumon est réalisée à partir de ces écailles. Celles-ci présentent deux zones distinctes car ce poisson migrateur passe la première partie de sa vie en rivière et la deuxième partie de sa vie en mer avec des retours en rivière. De ce fait, l'interprétation des écailles est rendue difficile.

Cette réunion qui s'est tenue à Saint-Pierre et Miquelon du 10 au 14 septembre 2012 avec des scientifiques français et canadiens, avait pour but de mesurer et d'optimiser la précision de ces données fournies par ces pays pour les évaluations de ces populations.

Préalablement, 136 images d'écailles ont été interprétées. Cette première analyse a montré un taux d'accord entre les scientifiques de 68% avec un coefficient de variation de 11.6%. Lors de cette réunion, les images ont été observées permettant d'identifier les sources de biais. Elles résident principalement dans la première partie de vie du poisson c'est à dire la vie en rivière. De plus, cette réunion a permis de montrer la difficulté d'interprétation d'images d'écailles.

Après avoir rédigé un protocole commun entre la France et le Canada, une deuxième interprétation a été réalisée montrant un taux d'accord entre les scientifiques de 80% avec un coefficient de variation de 6.8%. Enfin, quelques images interprétées de la même façon pour tous les scientifiques ont été annotées pour commencer une collection de référence du saumon de l'Atlantique Nord-Ouest.



Ecaille de saumon atlantique (*Salmo salar*) : longueur totale : 65,2 cm, poids total : 2,6 kg, pêché dans la rivière de la Trinité, âge 4,1+MF+ (point rouge : *annulus*, point jaune : marque de fraie).

Cet atelier a montré combien il est important de calibrer les lectures d'âge et en particulier celles de saumon (*Salmo salar*) de l'Atlantique Nord-Ouest.

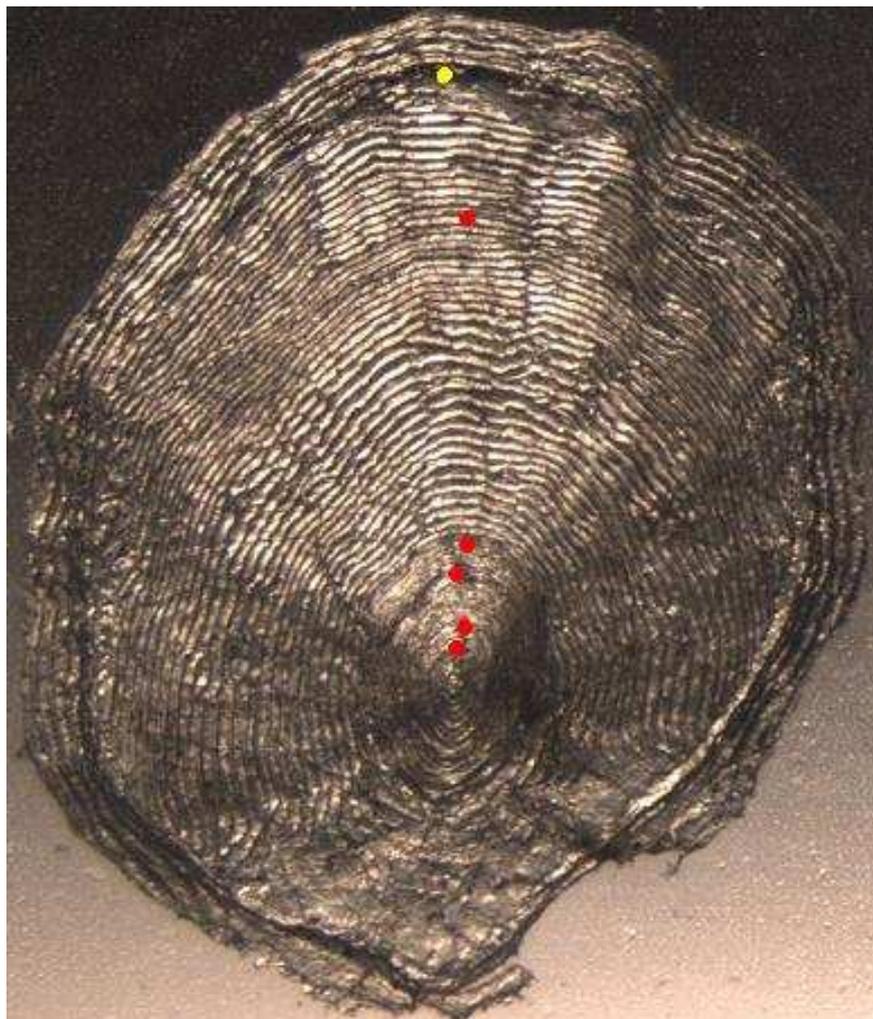
Abstract

France and Canada work together to follow the salmon populations (*Salmo salar*) of the North-western Atlantic, integrating the French territory of Saint Pierre and Miquelon (subdivision 3Ps). Ageing data are thus provided by these countries. The age estimation of salmon is carried out starting from the scales. These present two distinct areas because this migrating fish lives at first in rivers and the second part at sea with some passages in rivers (homing phenomenon). As a result of which, the interpretation of ages from these scales is difficult.

The purpose of this meeting which was held in Saint-Pierre and Miquelon from the 10 to September 14, 2012 with French and Canadian scientists, was to measure and optimize the precision of the age data provided by these countries for the evaluations of these populations.

Beforehand, 136 images of scales were interpreted. This first analysis showed a percentage of agreement between the scientists of 68% with a coefficient of variation of 11.6%. At this meeting, the images were observed making it possible to identify the sources of bias. They reside mainly in the first part of life of fish i.e. the life in river. Moreover, this meeting made it possible to show the difficulty of interpretation of images of scales.

After writing a common protocol for both France and Canada, the second interpretation was carried out showing a percentage of agreement between the scientists of 80% with a coefficient of variation of 6.8%. Lastly, some images presenting total agreement, were annotated to begin a reference collection of salmon of the North-western Atlantic.



Scale of Atlantic salmon (*Salmo salar*) : total length : 65,2 cm, total weight : 2,6 kg, sampled in the river of the Trinity, age 4,1+MF+ (red points : *annulus*, yellow point : spawning check).

This workshop showed the significance of calibrating the age interpretation, in particular those of salmon (*Salmo salar*) of the North-western Atlantic.

Introduction

Leeuwenhoeck (1696), puis Réaumur (1716) sont parmi les premiers à rapporter que les crêtes concentriques (ou *circuli*) de la surface des écailles correspondent à la croissance des poissons. La scalimétrie (étude des écailles) fut la première technique utilisée pour estimer l'âge de poissons vers le début du XX^{ème} siècle (Hoffbauer, 1898; Lea, 1910). Cette technique était déjà utilisée entre 1942 et 1948 (Vibert, 1950) et reste encore la plus fréquente chez les salmonidés. L'utilisation des écailles permet de suivre l'âge des poissons sans avoir besoin de les sacrifier comme lorsqu'on utilise des pièces calcifiées internes comme l'otolithe.

L'âge du saumon atlantique a fait l'objet de nombreuses réunions internationales. A Aberdeen en 1984, un premier atelier sous l'égide du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer ou ICES, International Council for the Exploration of the Sea) concernant l'âge du saumon atlantique en Atlantique Nord-Est a eu lieu (ICES, 1984). Puis, en 1992, un autre atelier a été organisée pour établir un guide d'interprétation des écailles du saumon atlantique (Shearer, 1992; ICES Cooperative Reserch Report 188 : Atlantic Salmon Scale Readings Guidelines). Par la suite, plusieurs réunions internationales depuis ont eu lieu sur ce sujet avec les groupes de travail « Study Group on Salmon Scale Readings » (SGSSR) (ICES, 2000 ; 2002 et 2003) et « Study Group on Salmon Age Determination » (SGSAD) (ICES, 2006 et 2008). Récemment, en 2011, un atelier de travail a été organisé par le CIEM pour analyser l'âge du saumon atlantique en Atlantique Nord (ICES, 2011). Cependant, toutes ces réunions concernent le saumon d'Atlantique Nord-Est. Il n'y a pas de documents référencés pour le saumon d'Atlantique Nord-Ouest.

Ce rapport présente la calibration des estimations d'âge du saumon Atlantique dans l'océan Atlantique Nord-Ouest entre les instituts canadiens (Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec) et français (institut Ifremer). Les saumons pêchés autour de l'archipel de Saint Pierre et Miquelon sont en majorité issus de rivières canadiennes, notamment québécoises (Fig. 1). La poursuite d'études en cours permettra de connaître leurs rivières d'origine de façon précise. Ainsi, les instituts français et canadiens estiment l'âge de saumon d'une même zone géographique.

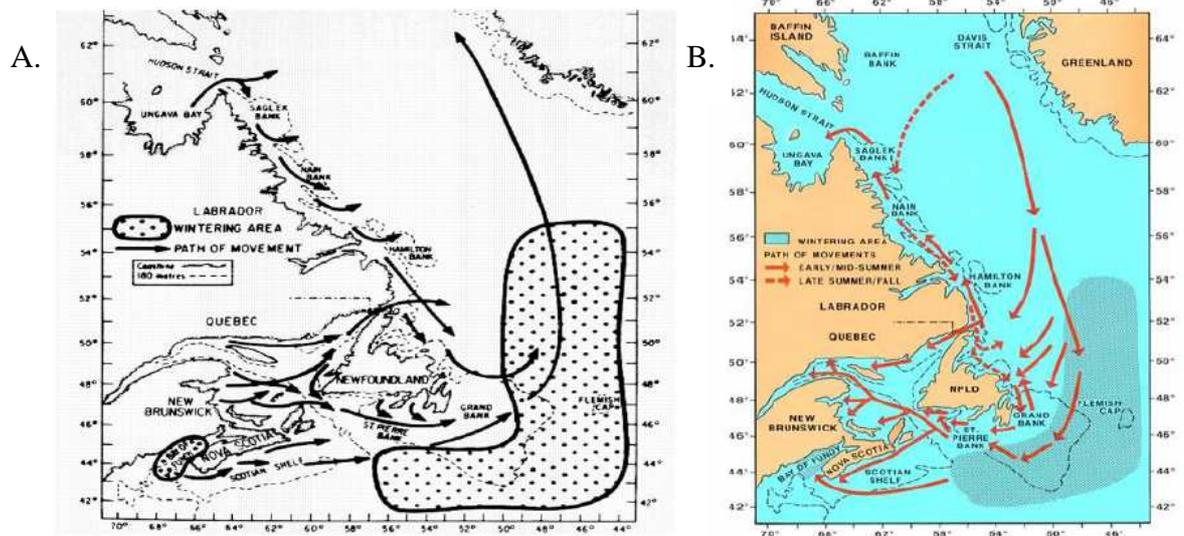


Figure 1 : Voies de migration marine des postsaumoneaux (A.) et des adultes revenant frayer (B.) (In COSAPAC, 2010 d'après Reddin, 2006).

Ce rapport est le rapport final du contrat SALMOCODAGE (Salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*) of the North-western Atlantic : Franco-Canadian calibration of the age estimation) pour la partie saumon. Ce projet concernant la calibration de l'âge du saumon atlantique et de la morue dans l'Atlantique Nord-Ouest entre les instituts français et canadiens, a été financé par le Ministère Français de l'Outre-Mer. De plus, il bénéficie d'une subvention du conseil territorial de Saint-Pierre et Miquelon.

1. Caractéristiques spécifiques de l'écaille

Les écailles font partie du squelette superficiel des poissons. Le revêtement des écailles joue un rôle dans l'hydrodynamique (en particulier pour la locomotion), la protection et dans une moindre mesure dans la dissimulation (Ombredane *et al.*, 1991).

Chez les salmonidés, les écailles sont utilisées pour l'estimation de l'âge et la croissance des individus. Pour cette famille de poissons, les écailles offrent plusieurs avantages techniques et pratiques par rapport aux autres pièces calcifiées (en particulier les otolithes) lors du prélèvement, de la préparation et de l'interprétation (Baglinière & Le Louarn, 1987).

1.1. Ecailles cycloïdes chez les *salmonidae*

Les *salmonidae* possèdent des écailles cycloïdes (c'est-à-dire de forme circulaire). Ces écailles sont spécifiques au genre *Salmo* et présentent les caractéristiques suivantes (Baglinière & Le Louarn, 1987; Daniel, 1996) :

- bord postérieur lisse : sans *ctenii* (épines) dans sa partie postérieure ce qui leur donne un aspect lisse,
- absence de *radii* (incursions dans le champ antérieur donnant l'aspect de lignes translucides),
- nombre de *circuli* pouvant varier selon les différents champs,
- écaille latéralement plus longue que large et les coins sont arrondis,
- présente des stries organisées concentriquement autour du *focus* (point initial de développement de l'écaille) que l'on nomme sclérites, et dont on distingue deux sortes : les *circuli* et les *annulii*.

1.2. Terminologie utilisée en scalimétrie

La terminologie présentée dans ce rapport est issue de plusieurs documents : Daniels (1996), Baglinière (1985), Baglinière & Le Louarn (1987), Baglinière *et al.* (1992a et b), Panfili *et al.* (2002), ICES (2011).

Beaucoup de termes sont spécifiques à l'étude des écailles (Fig. 2 & 3) et donc à la scalimétrie.

Annulus (au pluriel *annulii*) (Fig. 2) : marque de fin d'année correspondant à l'hiver. Terme définissant la limite théorique entre deux zones annuelles successives (bande claire et bande sombre). Bord externe d'une zone à *circuli* rapprochés (dernier *circulus* discontinu présent avant la nouvelle zone de croissance rapide annuelle estivale). Ce seront les *annulii* comptabilisés qui serviront pour l'estimation de l'âge du saumon.

Bande claire ou estivale (Fig. 2) : désigne une bande claire produite par une croissance plus rapide durant la période chaude de l'année.

Bande sombre ou hivernale (Fig. 2) : désigne une bande sombre générée par une faible croissance durant la période froide de l'année. Les saumons adultes ne se nourrissent pas durant leur transit vers les côtes et la remontée des rivières afin d'aller frayer. Un bord sombre peut parfois être observé plus tôt en saison (juin juillet) dû à un ralentissement de la croissance associé au phénomène de reproduction. Cette bande sera comptabilisé comme une année dès la reprise de la croissance (observation de l'apparition d'une bande claire).

Zone annuelle (Fig. 2) : nom donné à une région concentrique de l'écaille se référant à une année de vie complète représentée par une zone estivale suivie d'une zone hivernale. Donnant lieu à un *annulus* (*annulii* au pluriel).

Zone marine (Fig. 2) : champ de l'écaille dont la croissance est attribuée à un séjour marin. Elle peut cependant comprendre une ou plusieurs période(s) de vie passée(s) en rivière pour se reproduire.

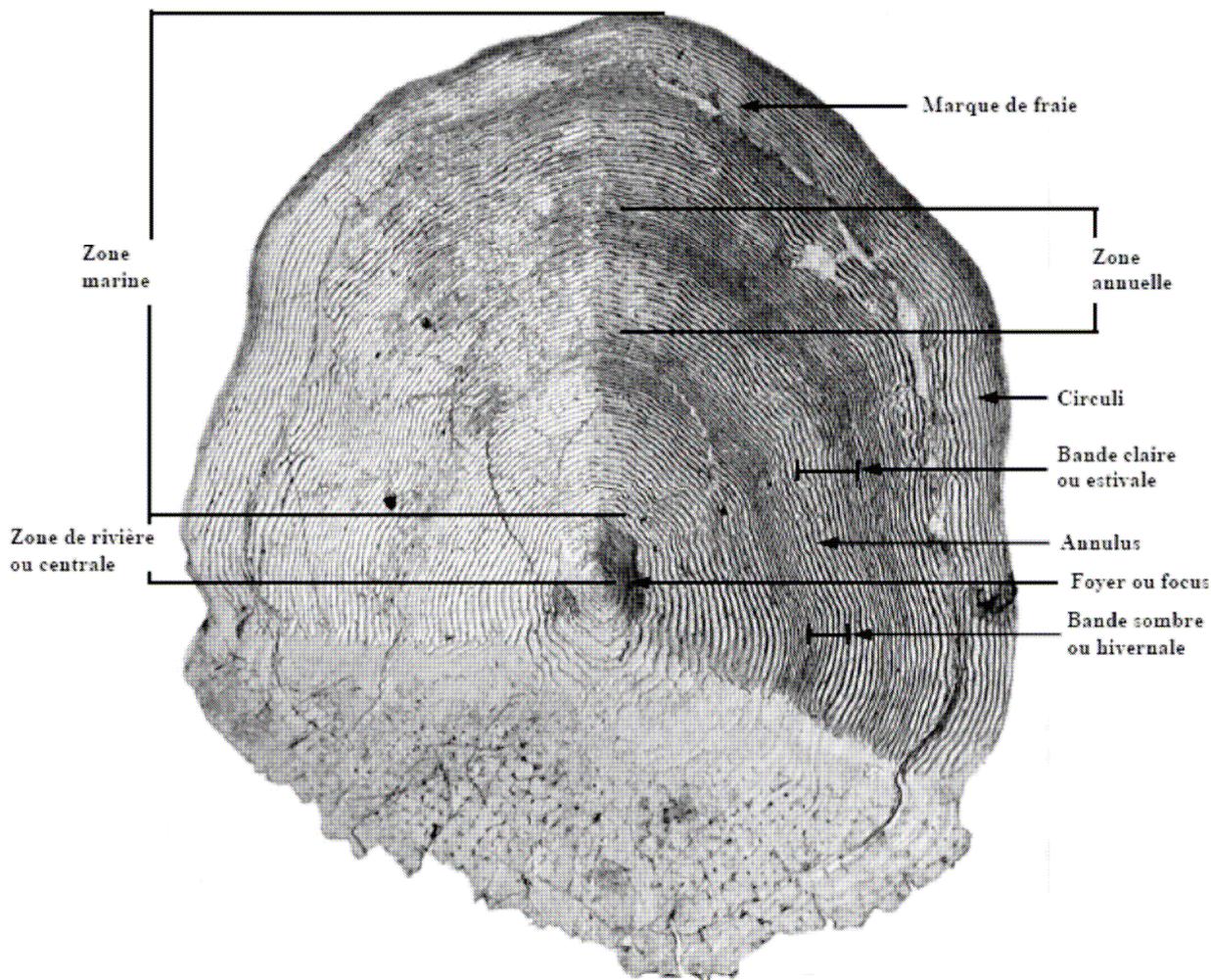


Figure 2 : Description de l'écaille d'un saumon atlantique (In Deschamps, 2012).

Champ antérieur (Fig. 3) : champ de l'écaille centrale d'aspect triangulaire, délimité par le *focus* et les deux champs latéraux.

Champs latéraux (Fig. 3) : champ située de chaque côté de l'écaille, délimité par le *focus*, de même que par les champs antérieur et postérieur. Ces champs latéraux comportent les épaules aidant à l'interprétation.

Épaules (Fig. 3) : les épaules présentes sur les deux champs latéraux permettent d'observer les rassemblements de *circuli* de forme incomplète observés pour les bandes sombres. Ces regroupements de *circuli* incomplets sont un indice important pour différencier les bandes hivernales (sombres) et les checks.

Champ postérieur (Fig. 3) : champ de l'écaille habituellement exposé à l'extérieur de la peau. Il est délimité par le *focus* et les deux axes limitant les deux champs latéraux.

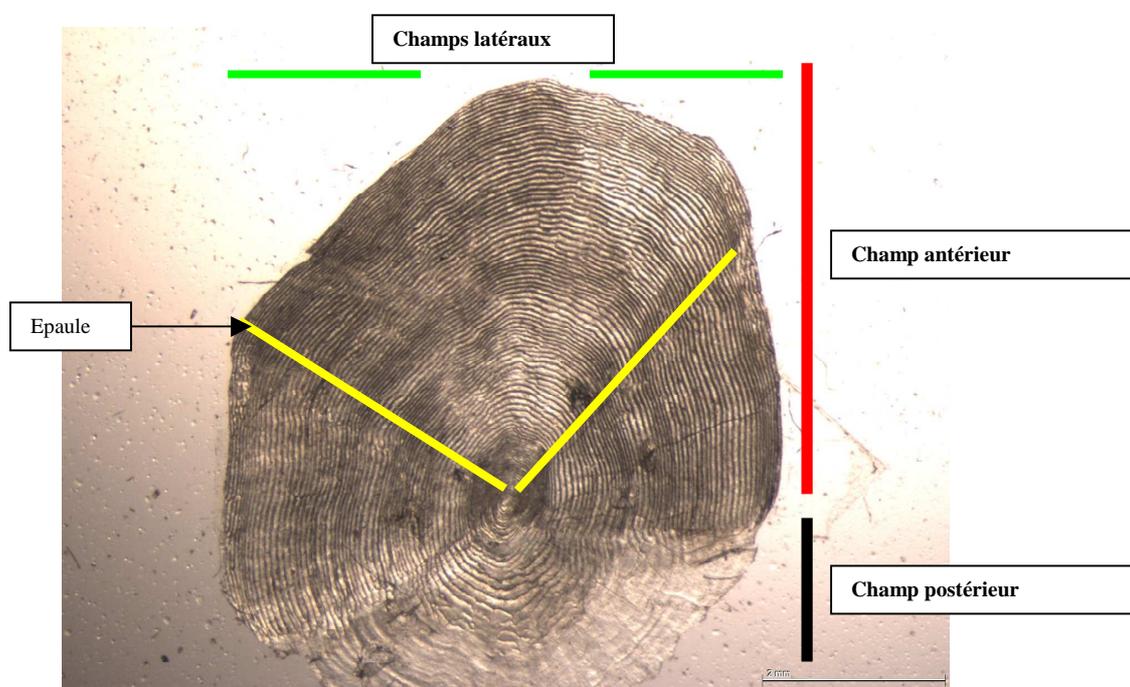


Figure 3 : Description de l'écaille d'un saumon atlantique en fonction avec les différents champs.

Circulus (au pluriel *circuli*) : lignes concentriques foncées déposées à la surface de la partie antérieure de l'écaille. Un ensemble des *circuli* forment une bande claire ou sombre. Synonyme : sclérites.

Zone de rivière : désigne de l'écaille, la zone centrale allant jusqu'au dernier *annulus* formé en rivière. Cette zone peut être plus ou moins grande, plus ou moins démarquée. Partie de l'écaille complexe à interpréter, demandant une bonne connaissance du milieu de vie du poisson. Il peut y avoir des particularités typique à certaine rivières. Le jeune saumon passe 1 à 5 ans parfois un peu plus en rivière avant d'aller en mer.

Parfois un *nucleus* mal formé se traduisant par une première année de vie non visible est signalé par X lors de l'estimation de l'âge. Il est possible d'observer une légère croissance à la fin de la période de rivière après le dernier *annulus* ce qui s'écrit « + » dans la nomenclature

lors de l'estimation de l'âge. Pour distinguer le passage de vie en rivière vers la mer, on utilise « , ».

Foyer, *focus* (au pluriel *focii*) : point d'origine de l'écaille autour duquel gravitent les sclérites. Le *focus* peut être régénéré ou non. Pour une bonne interprétation, il est préférable d'avoir un *focus* concentrique (Fig. 4). Synonyme : *nucleus*.

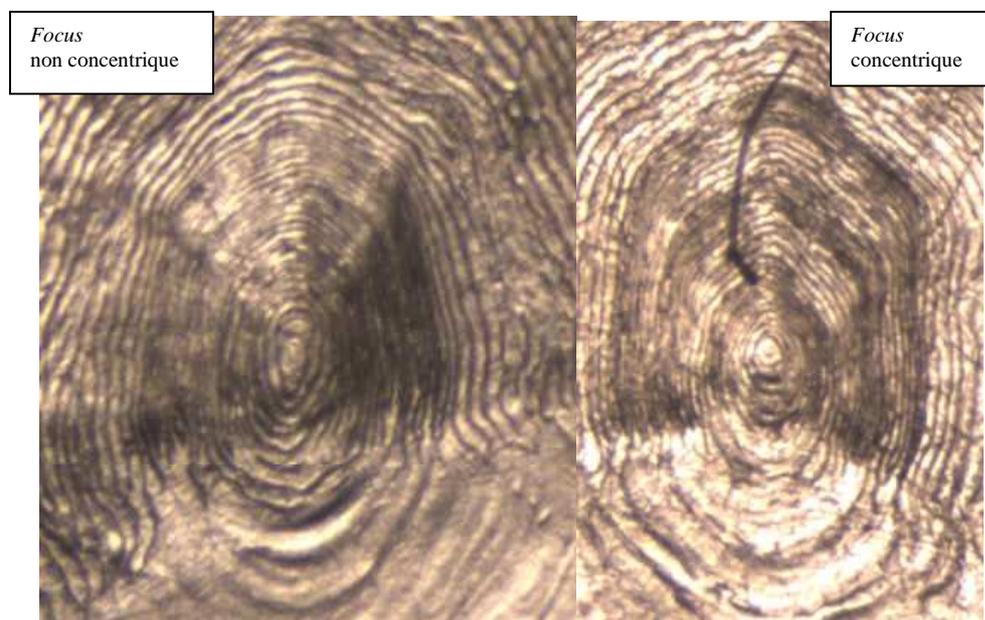


Figure 4 : Description du *focus* concentrique ou non.

Écaille régénérée : écaille formée après la perte de l'écaille originelle (microcentrique) et dont le *focus* est plus ou moins dépourvu de l'historique précédente.

Erosion (Fig. 5) : terme utilisé pour désigner une résorption sur le bord ou à la surface de l'écaille. L'érosion survient principalement lors des marques de fraie. Il peut y avoir superposition de marques de fraie 2 années successives et donc engendrer une érosion importante, pouvant induire des erreurs d'interprétation. Le « MF » est utilisé lors de l'observation d'une érosion dû à une marque de fraie et un « X » peut être noté si le lecteur juge d'une perte d'information dû à cette érosion.

Marque de fraie (Fig. 5) : phénomène d'érosion associé à la migration pour la reproduction. Cette marque de fraie est souvent définie par une ligne continue concentrique avec recoupement de *circuli* et un important espacement inter-*circuli* après la reproduction. Durant la maturation sexuelle, le poisson qui ne s'alimente plus puise sur ses réserves. Sur les écailles, la réutilisation du calcium provoque une érosion en bordure pour l'année N. L'année suivante, la marque de fraie apparaît sous la forme d'une ligne de coupure continue, témoignant de l'utilisation des réserves de l'écaille, suivie d'une forte reprise de la croissance (ONEMA, 2012). La marque de fraie peut entraîner la disparition d'une ou plusieurs années d'où l'importance d'observer plusieurs écailles pour en extraire toutes les informations. Si cette marque de fraie est trop importante, il est difficile de savoir s'il manque 1 ou plusieurs années, donc un « X »

est placé pour la codification lors de l'estimation de l'âge et un « MF » pour le positionnement d'une marque de fraie.

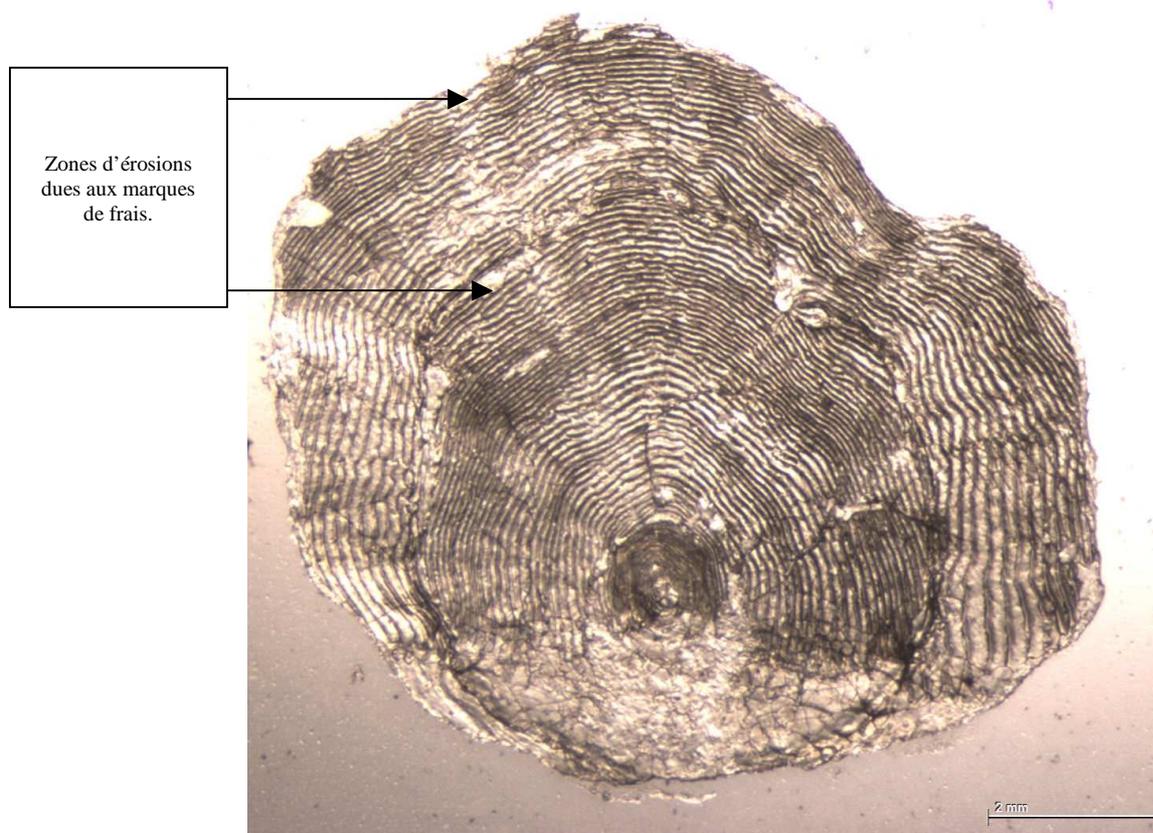


Figure 5 : Ecaille de saumon présentant des zones d'érosions dues aux marques de fraie.

Check d'été ou Anneau surnuméraire d'été: désigne une zone de *circuli* larges, dont le nombre est généralement inférieur à celui de la bande estivale standard (2 à 5 *circuli* seulement), localisés dans la bande hivernal. Synonyme : faux anneau d'été.

Check d'hiver ou Anneau surnuméraire d'hiver (Fig. 6): désigne une zone de *circuli* resserrés, dont le nombre est généralement inférieur à celui de la bande hivernale, localisés dans la bande estival. Souvent proche d'une bande sombre. Synonyme : faux anneau d'hiver.

Reprise de croissance (Fig. 6): expression utilisée pour indiquer une région de *circuli* espacés suivant un *annulus*, avant le passage en eau de mer, avant ou après une marque de fraie ou après le dernier *annulus* complet. Noté par un « + » lors de l'estimation de l'âge.

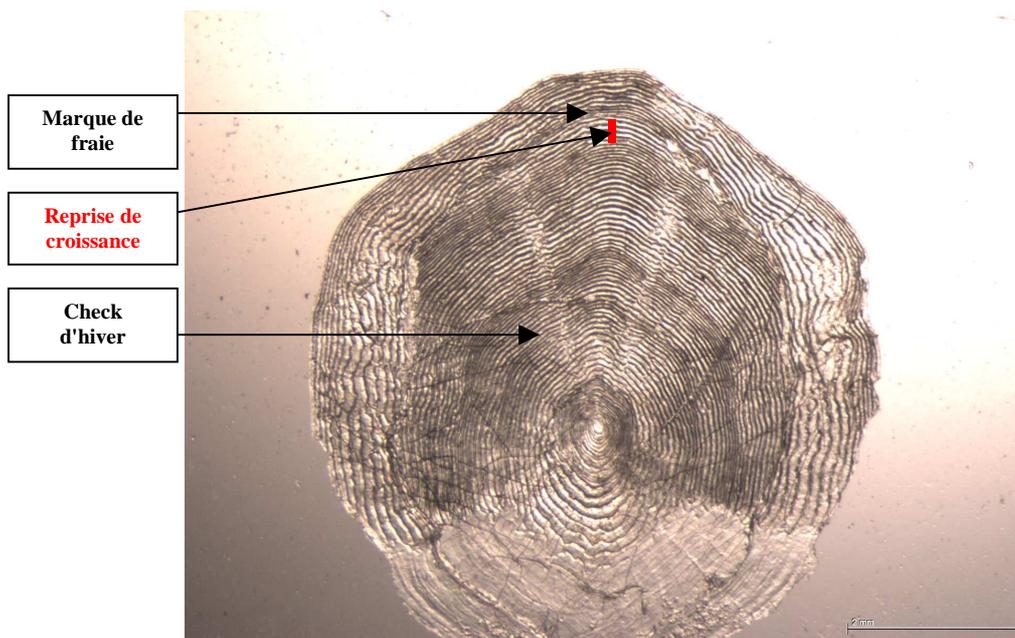


Figure 6 : Ecaille de saumon présentant un check d'hiver, une reprise de croissance juste avant la marque de fraie.

2. Prélèvement et Nettoyage

2.1. Zone de prélèvement

Les écailles de saumon se prélèvent aisément et rapidement, sans abîmer le poisson ni nuire à sa survie. Cependant, le choix de la zone de prélèvement dépend surtout de la lisibilité des écailles récupérées (Tesch, 1971; Baglinière *et al.*, 1992b).

La zone de prélèvement des écailles a été défini par Martynov en 1983 et repris dans le guide d'interprétation des écailles de saumons (Shearer, 1992) et lors des workshops internationaux sur l'estimation de l'âge du saumon Atlantique qui se sont déroulés à Aberdeen en 1984 (ICES, 1984) et à Galway en 2011 (ICES, 2011) : prélèvement sur le flanc gauche, trois à six rangs au-dessus de la ligne latérale et sur une ligne imaginaire joignant l'attache postérieure de la nageoire dorsale à l'attache antérieure de la nageoire anale (Fig. 7).

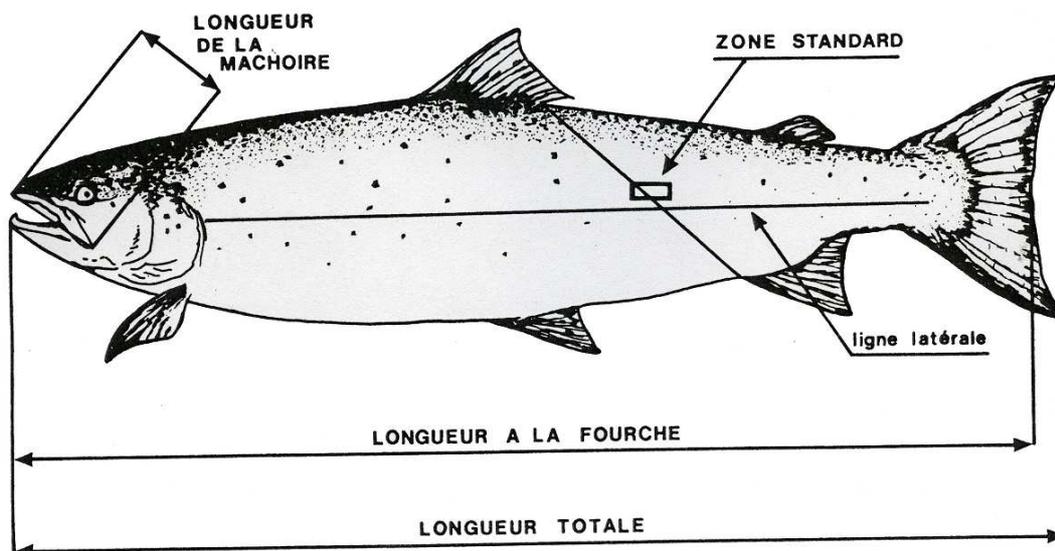


Figure 67: Schéma latéral d'un saumon atlantique présentant la zone standard de prélèvement des écailles selon les recommandations internationales du groupe d'Aberdeen en 1984 (*In* Guegen & Prouzet, 1994).

La zone de prélèvement retenue a été choisi pour :

- l'apparition scalaire se fait le long de la ligne latérale, entre la dorsale et l'adipeuse (Rouleau & Bisailon, 1991).
- la bonne qualité des écailles qu'on y trouve (grandes écailles, symétriques, aisément lisibles et la plupart du temps, présentant peu de régénération).

En l'absence d'écailles sur cette zone, comme alternative, on prélève au même endroit du côté droit ou, si possible, juste en avant de la zone gauche recommandée (ICES, 1984). Il est à noter que le prélèvement s'effectue du côté droit lors de la recapture (*In* Deschamps, 2012).

2.2. Prélèvements

Il est toujours nécessaire de prélever plusieurs écailles sur un même individu de façon à pouvoir estimer l'âge correctement d'un spécimen (Mahé *et al.*, 2009; Deschamps, 2012).

Chez le saumon d'Atlantique, le ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec estime qu'il faut un nombre minimal d'écailles utilisables entre 6 et 8. Pour cela, il faut prélever un nombre d'écailles pouvant varier entre 10 à 30 selon l'individu capturé (Deschamps, 2012). Il est préférable de minimiser le nombre de prélèvements sur les saumons vivants.

Le prélèvement des écailles chez le saumon atlantique se déroule de la même façon que pour d'autres espèces de poisson (Mahé *et al.*, 2009; Deschamps, 2012) : Il faut préalablement essuyer le flanc pour enlever toute trace de mucus de la zone de prélèvement. Il est primordial à cette étape de s'assurer, entre les manipulations de chacun des saumons, de la propreté des instruments et accessoires utilisés. Les instruments doivent être dépourvus d'écailles. Les écailles peuvent être prélevées à l'aide d'un couteau ou d'un scalpel en remontant dans le sens inverse de leur implantation. Des pinces brucelles sont couramment utilisées pour échantillonner sur des saumons vivants, un nombre de 10 est alors recommandé. Les papiers plastifiés, cirés, mouchoirs, essuie-tout, aluminium ou toute matières empêchant les écailles d'adhérer, de sécher et de se manipuler aisément par la suite sont à proscrire. Les écailles doivent être gardées dans un endroit sec.

2.3. Prise de données

Ces données varient selon le type d'étude entreprise et son contexte. Deux renseignements essentiels doivent d'être connus de la personne qui fait l'interprétation de l'âge, soit la date et l'endroit de capture du spécimen.

Il est important de récolter un maximum de données reliées à la capture, le milieu de vie et les caractéristiques externes et internes des spécimens à étudier. Ces données pourront s'avérer précieuses lors de l'interprétation de l'âge.

Types d'informations à recueillir, par ordre de priorité et à noter sur la pochette de prélèvement:

a) Données essentielles

- Espèce
- Numéro du spécimen (unique)
- Date de capture
- Endroit de capture (coordonnées géographiques)
- Longueur à la fourche et/ou longueur totale
- Masse (g)

b) Données complémentaires

- Sexe et stade de maturité des gonades
- Type d'engin de capture
- Présence d'étiquette ou autre marque
- Remarque (condition générale, présence de parasite, type de prélèvement, etc.)

2.4. Nettoyage

Plusieurs méthodes sont susceptibles d'être utilisées (solution de KOH ou NaOH 1%, alcool éthylique, eau de javel...) (Rouleau & Bisailon, 1991). Le nettoyage couramment utilisé est d'immerger l'écaille dans l'eau et de frotter délicatement à l'aide d'un pinceau ou un autre outil adéquate.

Les écailles fraîchement récoltées peuvent être mises directement entre deux lames en enlevant d'abord le mucus en glissant l'écaille entre l'index et le pouce.

Cependant, l'utilisation d'une solution de NaOH 1% est préconisée pour le nettoyage des écailles de référence permettant un nettoyage plus approfondi.

La méthode utilisée pour des montages de collection est:

- Avant toute préparation, une sélection des écailles doit être effectuée à la loupe binoculaire afin d'éliminer celles qui sont illisibles (régénérées, trop abîmées...).
- Immerger les écailles sélectionnées dans une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 1 % durant 6 à 8 heures. On peut réduire le temps de trempage en augmentant la concentration de la solution à 2 % ou 3 %. Effectuer occasionnellement des vérifications.

Note : Les temps d'immersion doivent être moindre pour les écailles de saumoneaux.

- Lorsque les écailles sont très sales, il est recommandé d'utiliser un pinceau avec une pointe fine afin de brosser délicatement la structure à nettoyer.
- Rincer et immerger les écailles dans l'eau afin de stopper l'effet du NaOH.

2.5. Méthode de montage

Différentes méthodes de montage peuvent être utilisées (plis dans du cellophane, impression sur film plastique...) (Rouleau & Bisailon, 1991). Cependant, la lecture d'écailles s'effectue principalement sans montage en immergeant tout simplement ces dernières dans l'eau.

Le montage entre deux lames est nécessaire lorsque les structures sont conservées en collection ou pour des mesures de croissance à des fins de rétro-calculs.

Dans un premier temps, il faut immerger dans l'eau les écailles en utilisant par exemple une boîte de pétri. Puis, observer l'échantillon à l'aide d'une loupe binoculaire à un grossissement d'environ 12 à 25X sous un éclairage diascopique.

Pour l'interprétation, la forme de l'écaille est importante. Il ne faut pas sélectionner une écaille de forme ovale mais de préférence avec des épaules bien définies pouvant rappeler un pentagone (Fig. 8).

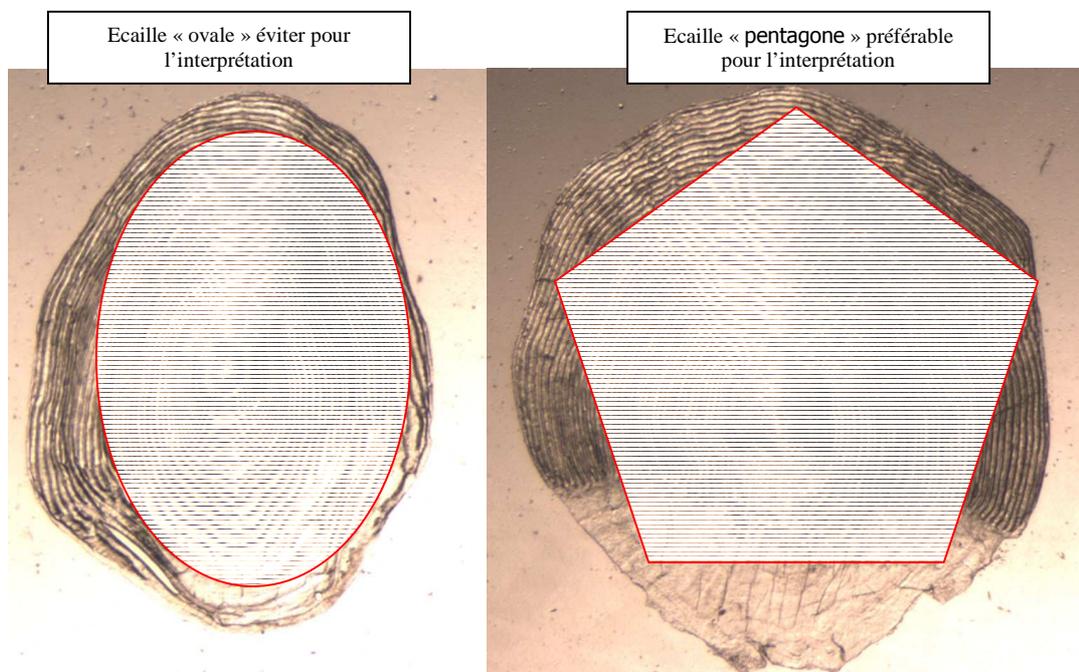


Figure 8 : Différences de formes des écailles ayant un effet sur leur interprétation.

Ensuite, il est nécessaire de choisir environ 6 à 8 des meilleures écailles (non régénérées ou altérées) de l'échantillon pour effectuer le montage. Il faut remarquer qu'occasionnellement, les écailles régénérées peuvent être utilisées pour identifier les périodes de vie les plus récentes. Celles-ci présentent parfois une formation plus claire.

D'après une recommandation de l'atelier de 1984 à Aberdeen (ICES, 1984), afin d'éviter l'absence du premier *annulus*, les écailles choisies doivent présenter un *nucleus* ayant un rayon inférieur à 0,5 mm.

Après avoir humidifié les écailles, le côté lisse (face interne) de l'écaille est déposé sur une lame. Le champ antérieur de l'écaille (partie où se dépose les *circuli*) placé vers le haut. De préférence, les écailles doivent toutes être placées dans le même sens (Fig. 9). Avec un papier absorbant, il faut presser les écailles (quelques secondes) afin de les assécher. Elles adhéreront à la lame par succion.

Si on doit les décoller, il faut les ré-humidifier afin d'éviter les déchirures. Apposer une fine couche de colle (colle en bâtonné, adhésif à double face...) aux 2 extrémités d'une lame propre. Déposer une seconde lame sur le montage en exercent une certaine pression.

Ne pas garder un poids sur les lames lorsque les écailles sont en phase d'assèchement car elles risquent de se déchirer à cause du phénomène de rétrécissement (1 à 2%) qui accompagne la déshydratation de l'écaille.

Bien identifier le montage (Fig. 9). Pour un montage de collection, les renseignements suivants devraient apparaître sur la lame :

- Espèce
- Endroit de capture et numéro de station (s'il y a lieu)
- Numéro du spécimen
- Date
- Long. totale
- Poids
- Âge

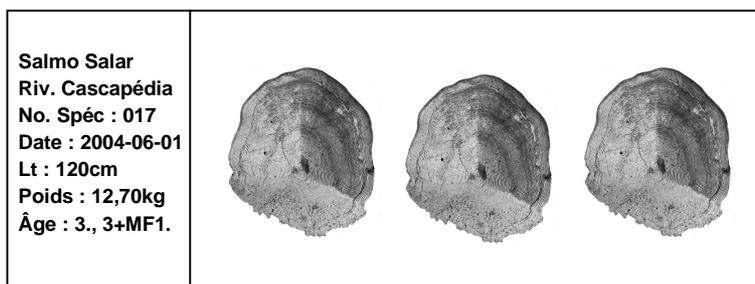


Figure 9 :Exemple de montage d'écailles de saumon en collection.

3. Observation des écailles

La majorité des auteurs s'entendent pour dire que l'interprétation sous loupe binoculaire s'avère la meilleure technique pour l'interprétation de l'âge chez le saumon Atlantique. De nouvelles techniques (caméra numérique, filtres diverses, logiciel de mesure comme TNPC, Traitement Numérique des Pièces Calcifiées, www.TNPC.fr...) font de plus en plus leur apparition ce qui améliore les techniques d'interprétation.

3.1. Méthode canadienne

La lecture d'écailles peut s'effectuer sans montage en immergeant tout simplement ces dernières dans l'eau. Un grand nombre d'appareils peuvent être utilisés pour la lecture d'écailles, du plus sophistiqué au plus simple appareil optique. Toutefois, la loupe binoculaire s'avère l'outil idéal pour la lecture d'écailles pour les besoins d'interprétation courante. Tout autre type d'appareillage n'est utilisé que dans des cas spécifiques. La lecture se fait à l'aide d'un éclairage diascopique. La partie antérieure sert de zone d'interprétation. Un grossissement d'environ 10 X permet d'avoir une vue globale, mais l'observation des critères distinctifs de l'*annulus* demande un grossissement plus élevé, soit 25 X et même davantage (40X). Le lecteur peut néanmoins varier le grossissement de façon à mieux évaluer les marques de certaines zones. Une image de l'écaille prise à l'aide d'une caméra numérique montée sur le binoculaire peut s'avérer nécessaire dans le cadre de certaines formations ou pour effectuer des rétro-calculs (Fig. 10 ; *In* Deschamps, 2012).



Figure 10 : Équipement optique utilisé par le ministère de la faune et de la flore au Canada (*In* Deschamps, 2012).

3.2. Méthode française

À l'Ifremer, les écailles sont immergées dans de l'eau pour être observées directement à partir d'une loupe binoculaire. L'Ifremer a développé un système d'acquisition et de

traitement d'images utilisé pour l'estimation de l'âge et de la croissance assistée par ordinateur (Fig. 11).



Figure 10 : Équipement optique utilisé par l'Ifremer en France (*In Mahé et al., 2009*).

Ainsi, systématiquement, une ou plusieurs images sont réalisées (pour la partie rivière et la partie mer) pour chaque échantillon et interprété deux fois lors de l'acquisition et lors de l'annotation à l'aide du logiciel TNPC (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées, www.tnpc.fr).

4. Nomenclature internationale pour interpréter les écailles de saumon atlantique

A Aberdeen en 1984, un premier atelier sous l'égide du CIEM concernant l'âge du saumon atlantique en Atlantique Nord-Est a eu lieu (ICES, 1984). Puis, en 1992, un autre atelier a été organisée pour établir un guide d'interprétation des écailles du saumon atlantique (Shearer, 1992 ; ICES Cooperative Reserch Report 188 : Atlantic Salmon Scale Readings Guidelines). Par la suite, plusieurs réunions internationales depuis ont eu lieu sur ce sujet avec les groupes de travail « Study Group on Salmon Scale Readings » (SGSSR) (ICES, 2000 ; 2002 et 2003) et « Study Group on Salmon Age Determination » (SGSAD) (ICES, 2006 et 2008). Récemment, en 2011, un atelier de travail a été organisé par le CIEM pour analyser l'âge du saumon atlantique en Atlantique Nord-Est (ICES, 2011). Ainsi, la nomenclature définie lors de tous ces réunions sur le saumon en Atlantique Nord-Est (Fig. 12) peut être appliquée en l'Atlantique Nord-Ouest.

1 Freshwater year	
1.1	1 SW
1.1+	1 SW & plus growth
1.1+sm	1 SW, plus growth & spawning mark
1.1sm1+	1 SW, spawning during year 2, reconditioning year 3 & returning back to river early in year 4 plus growth
1.2+	2 SW & plus growth
2 Freshwater years	
2.1+	1 SW & plus growth
2.1+sm+	1 SW, plus growth, spawning mark & further plus growth
2.+2sm+	Plus growth, 2 SW, spawning mark & further plus growth
2.2+	2 SW & plus growth
2.2+sm+	2 SW, plus growth, spawning mark & further plus growth
2.4+	4 SW & plus growth
2.2sm1+	2 SW, spawning during year 3, reconditioning year 4 & returning back to river early in year 5 plus growth
3 Freshwater years	
3.1+sm+	1 SW, plus growth, spawning mark & further plus growth
3.2+	2 SW & plus growth
3.3+	3 SW & plus growth

Figure 11 : Nomenclature internationale pour interpréter les écailles de saumon atlantique (*In* ICES, 2011).

Cependant, quelques différences sont apportées à cette nomenclature pour affiner l'interprétation telle qu'elle est réalisée par les scientifiques Canadiens :

- ", " : signe utilisé pour identifier dans la chronologie de notation le moment où le saumon a accédé à un milieu autre que sa rivière natale (mer ou lac) remplace le point de la nomenclature ci dessus.

- "." : croissance non apparente ou pas de croissance observable sur l'écaille et basée sur la date de référence du 1^{er} janvier (date anniversaire). Le symbole indique que l'information accessible au lecteur lui permet d'affirmer que la croissance de l'année en cours est terminée.
- "+" : croissance apparente lors d'une nouvelle année de vie non terminée. Pour utiliser ce sigle, l'écaille doit receler au moins 1 *circulus* après l'*annulus*.
- « MF » : identifie la présence d'une marque de fraie sur l'écaille. L'utilisation de ce sigle a une connotation temporelle et celui-ci doit être utilisé avec le "+" et le "." en conformité avec le document de Babos (1987), remplace le « SM » de la nomenclature ci dessus.
- "X" : exprime la numérotation incertaine de l'âge et peut être dû au phénomène de reproduction ou d'une écaille régénérée.

D'autres informations complémentaires permettent de raffiner le niveau d'information et doit demeurer facultative. Leur utilisation se limite aux besoins propres du lecteur et ne doivent pas apparaître dans la publication des travaux. Il est cependant important de mentionner que la prolifération de signes pour la notation pour rendre difficile leur analyse et interprétation.

5. Estimation du biais entre les experts

Pour estimer le biais entre experts, les écailles de 136 poissons ont été prélevées. Ces poissons ont été fournis par le Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec. Leur longueur totale varie entre 45 cm et 100 cm (Fig. 13).

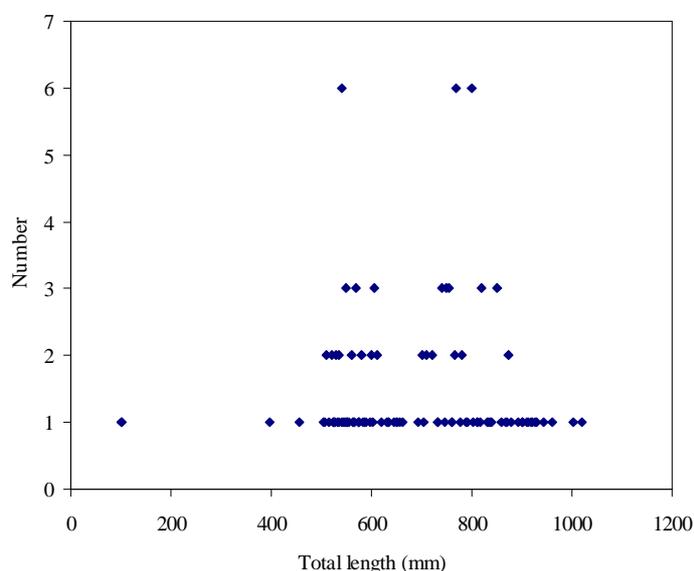


Figure 13 : Histogramme en taille (Lt, mm) des saumons utilisés pour comparer les estimations d'âge.

Les résultats des estimations d'âge réalisées en aveugle par les 2 lecteurs français et canadien lors d'un premier exercice a montré un pourcentage d'accord de 68% et un coefficient de variation de 11.6% (Tab. 1). Parmi les 136 d'écailles interprétées, 49 soit 36% de la totalité des images, ont présenté un accord entre les 2 lecteurs. Lors de ce

premier exercice, une différence significative d'interprétation de l'âge a été observé ($P < 0.01$) d'après le test de rang de Wilcoxon couramment utilisé pour comparer les estimations d'âge entre lecteurs (Eltink, 2000 ; Eltink *et al.*, 2000).

Exercice	Nb	Pourcentage d'accord	Coefficient de variation	Nb avec 100 d'accord	Différence significative
1	136	68% (50-100)	11.6 (0-47)	49 (36%)	$P < 0.01$
2	50	80% (50-100)	6.7 (0-35)	30 (60%)	$P > 0.05$

Tableau 1 : Résultats des 2 exercices de calibration entre les scientifiques français et canadien avec le nombre d'écaillés interprétées, les valeurs moyennes du pourcentage d'accord et du coefficient de variation (valeurs minimale et maximale), le nombre d'images où les estimations d'âge française et canadiennes sont les mêmes et la significativité entre les estimations d'âge selon le test de rang de Wilcoxon.

Lors de cette réunion, après avoir analysé les résultats, observer les différences d'annotations et donc identifier les biais entre les lecteurs, un second exercice a été réalisé en aveugle avec 50 images. Le pourcentage d'accord a augmenté pour atteindre 80% et le coefficient de variation a baissé de 11.6 à 6.7%. Ce second exercice de calibration entre les lecteurs français et canadien ne montre pas de différences significatives ($P > 0.05$; Tab. 1) entre les estimations d'âge. Parmi, les 50 images, seules 20 présentaient une différence de 1 ou 2 ans (Fig. 14). Il n'y a pas de tendance de sur ou sous-estimation d'âge par le lecteur 1 en comparaison du lecteur 2 (Fig. 14).

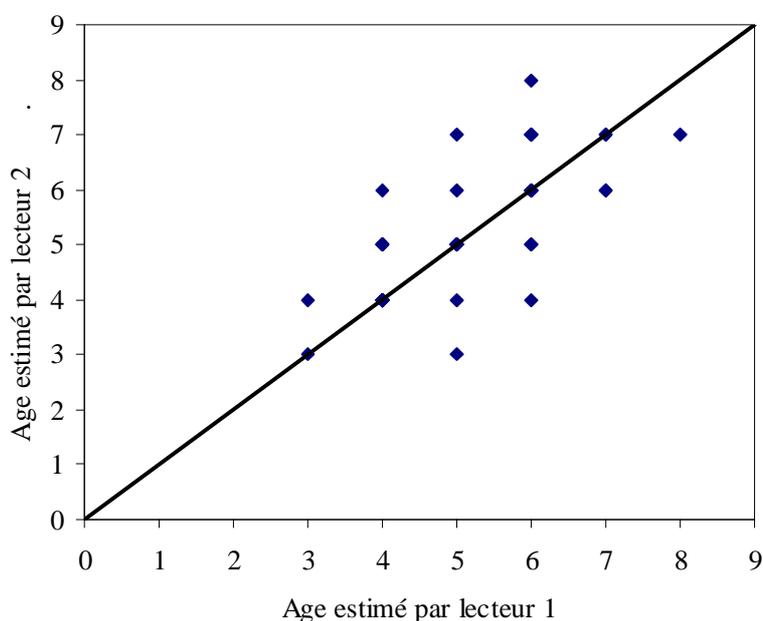


Figure 14 : Comparaison des âges estimés entre les lecteurs 1 et 2 durant le second exercice.

En comparant les longueurs totales moyennes calculées par âge estimé par chaque lecteur, il y a une différence observable dans les interprétations pour les groupes d'âge 6 et 7 correspondant à des poissons ayant des tailles comprises entre 780 et 890 mm (Fig. 15).

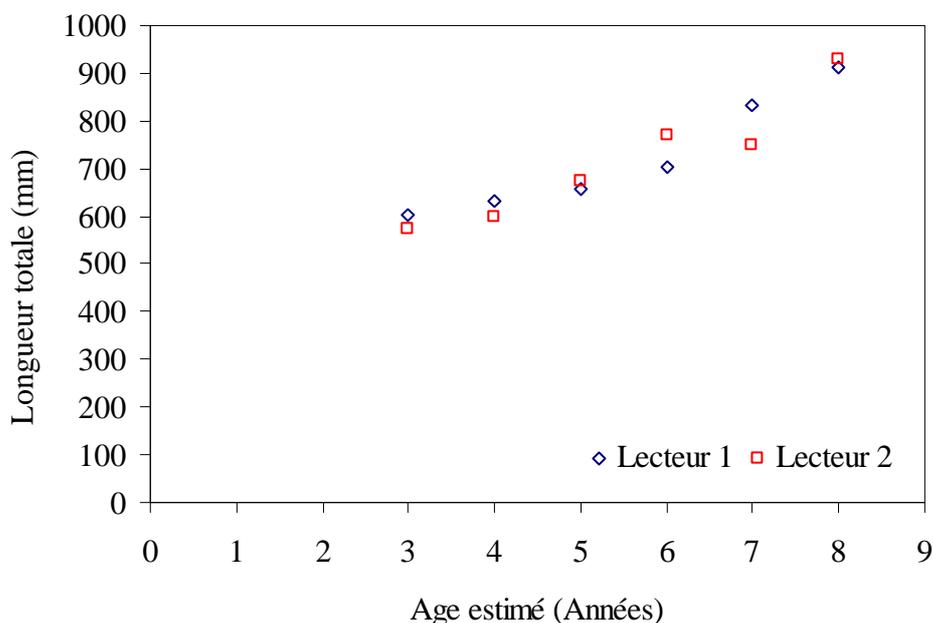


Figure 15 : Longueur totale moyenne (mm) par age estimé pour chaque lecteur durant le 2nd exercice.

5.1. Sources d'erreurs

- Une seule écaille n'est pas suffisante pour l'interprétation de l'âge chez le saumon Atlantique. Il est essentiel, autant pour la période de vie en rivière que pour celle en mer, d'observer plusieurs écailles afin de confirmer certains critères peu évidents sur une seule écaille.
- L'utilisation d'une loupe binoculaire pour la lecture d'âge est primordiale pour estimer l'âge d'un individu en limitant les erreurs d'interprétation. La loupe binoculaire permet en ajustement les contrastes et la mise au point d'accentuer certains détails et de valider certaines informations. Une seule image permet rarement l'observation de l'ensemble des structures interprétées. Ainsi, l'analyse d'images utilisée en routine pour les otolithes n'est pas applicable pour les écailles dans les mêmes conditions.
- Sur quelques écailles, il peut s'avérer difficile de bien différencier un « check » (faux anneau) d'une année (anneau de croissance). Ceci peut être dû à une mauvaise zone de prélèvement ou à un nombre prélevé trop faible.
- Pour interpréter les écailles de saumon, il est important de bien connaître la biologie de l'espèce particulièrement son habitat, celui-ci pouvant varier d'une rivière à l'autre montrant des structures spécifiques visible sur l'écaille « check ».
- La marque de fraie peut parfois être difficilement interprétable sur certaines écailles car peu visible due à une faible érosion de l'écaille. Ainsi, il est important d'observer plusieurs écailles. Certaines écailles présentant plusieurs marques de fraie deviennent encore plus difficiles à interpréter.
- Le bord de l'écaille peut parfois causer des problèmes. On peut observer l'apparition d'une petite zone sombre, sans reprise de croissance, en plein été chez les spécimens retournant

en rivière pour la reproduction. Cette zone ne doit pas être interprétée comme une année mais bien comme un ralentissement de croissance dû au phénomène de reproduction. Ce phénomène s'observe surtout chez les madeleineaux (saumon revenus en rivière après seulement 1 an en mer « 1+ ») car ceux-ci arrivent les premiers (juin, juillet) en rivière pour la reproduction.

6. Images de référence

Les *Annuli* sont représentés par un rond rouge et les marques de fraie par un rond jaune.



Figure 13 : 53,6cm 1,4kg âge 3,1+ saumon de la rivière Bec Scie.

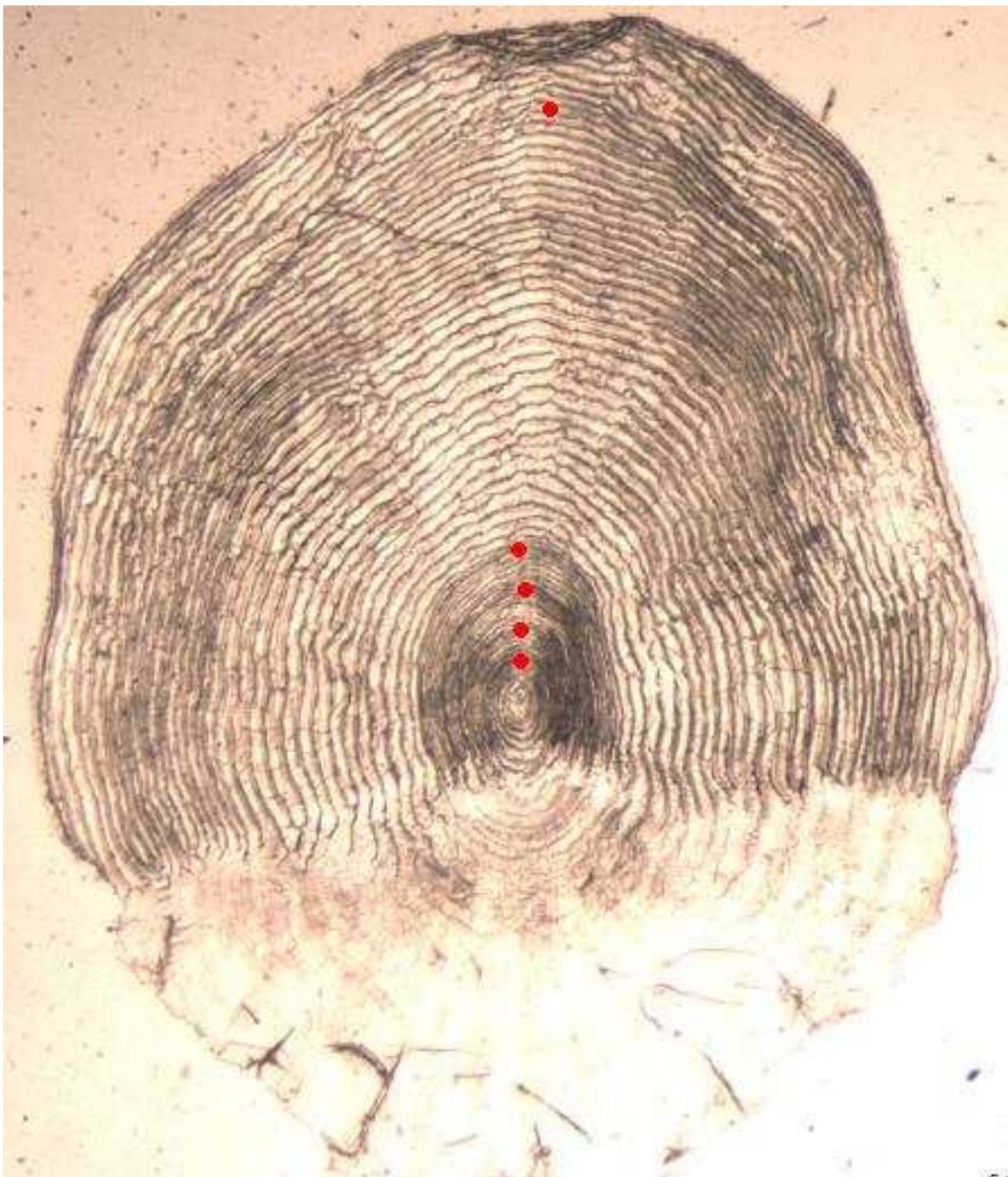


Figure 14 : 56 cm 1,9 kg âge 4,1+ saumon de la rivière St-Jean.

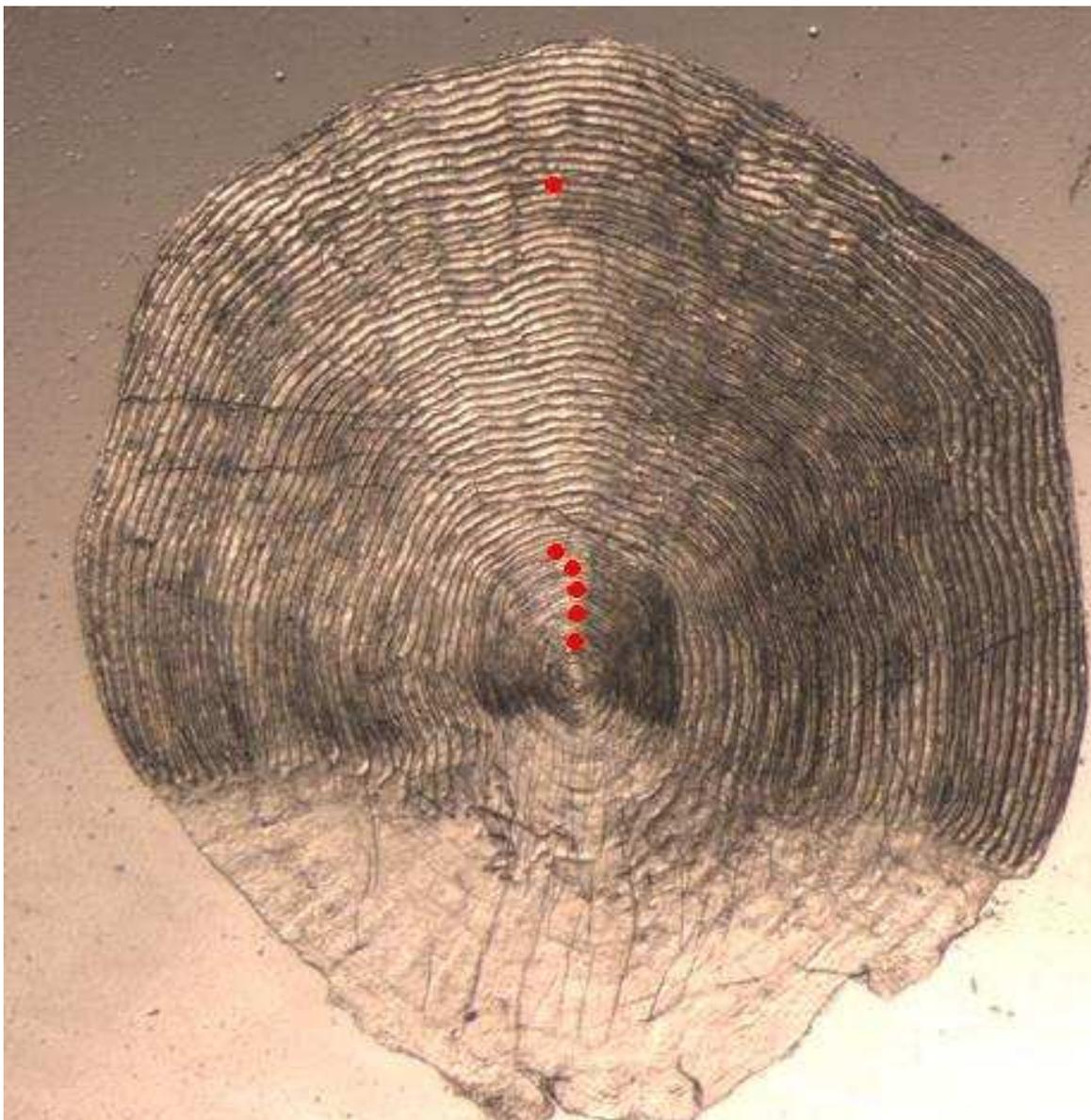


Figure 15 : 63,4cm 2,275kg âge 5,1+ saumon de la rivière de la Trinité.

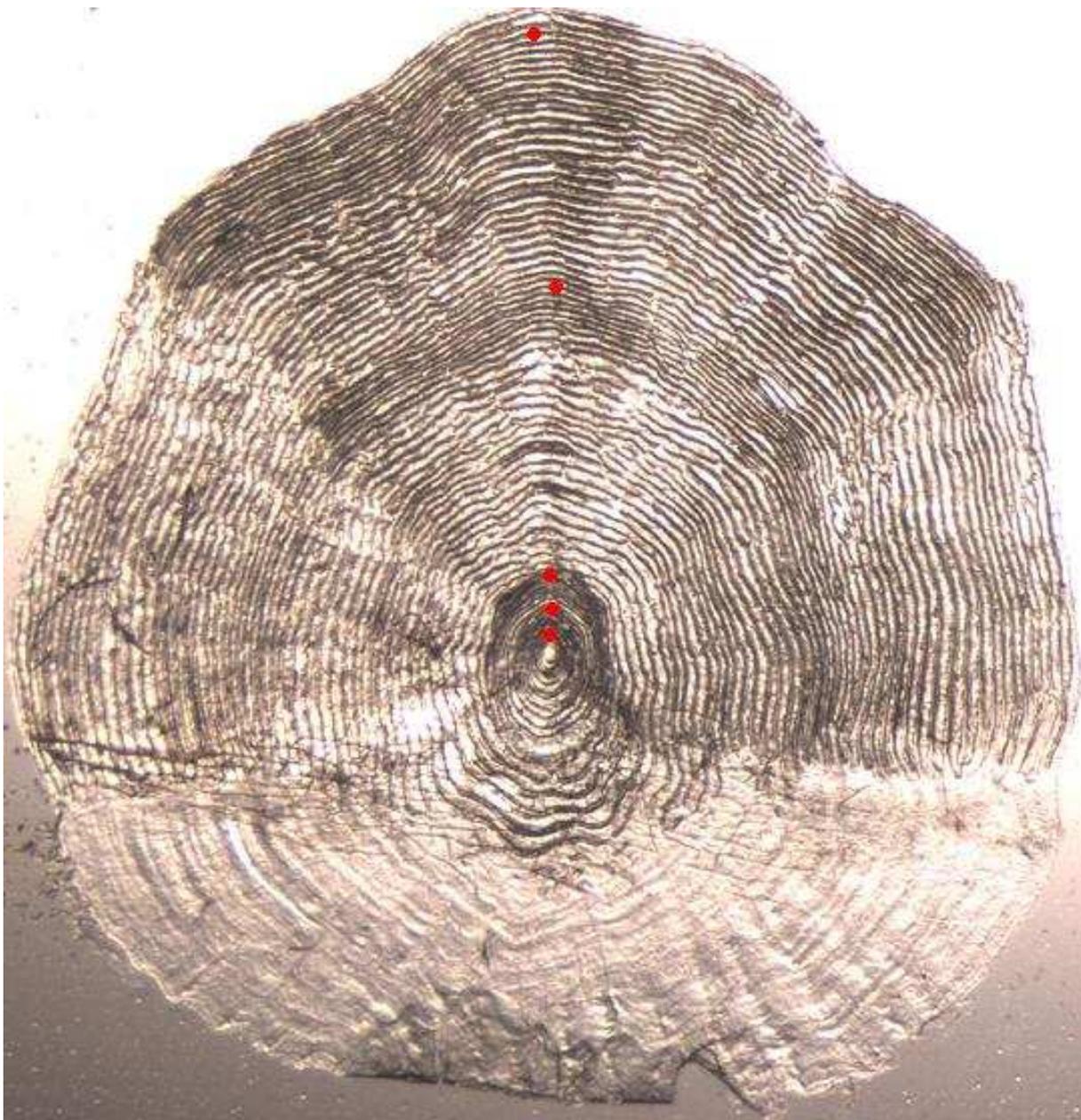


Figure 16 : 77cm 4,5kg âge 3,2+ saumon de la rivière St-Jean.

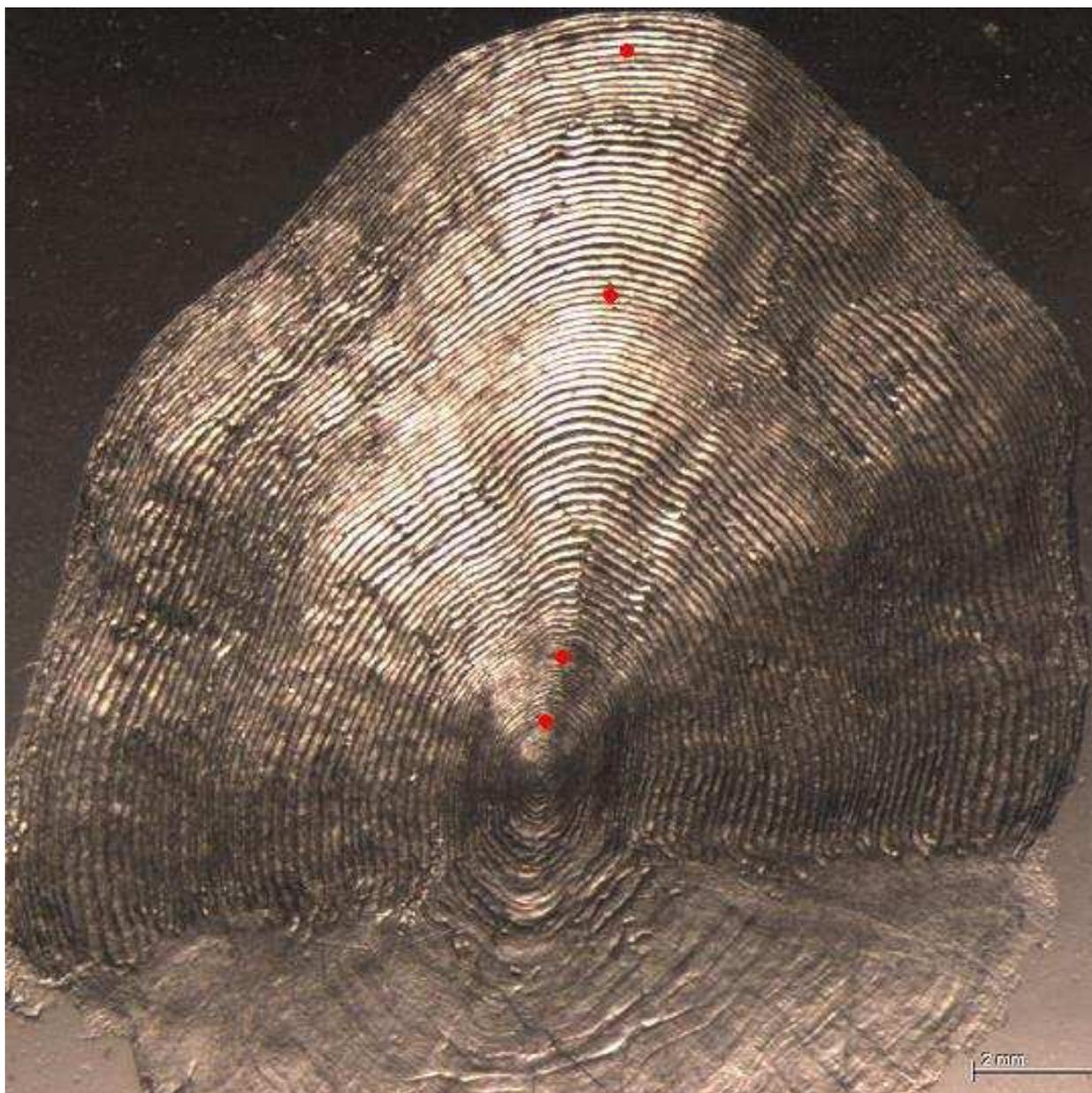


Figure 20 : 78cm 4,2kg âge 2,2+ saumon de la rivière de la Trinité.

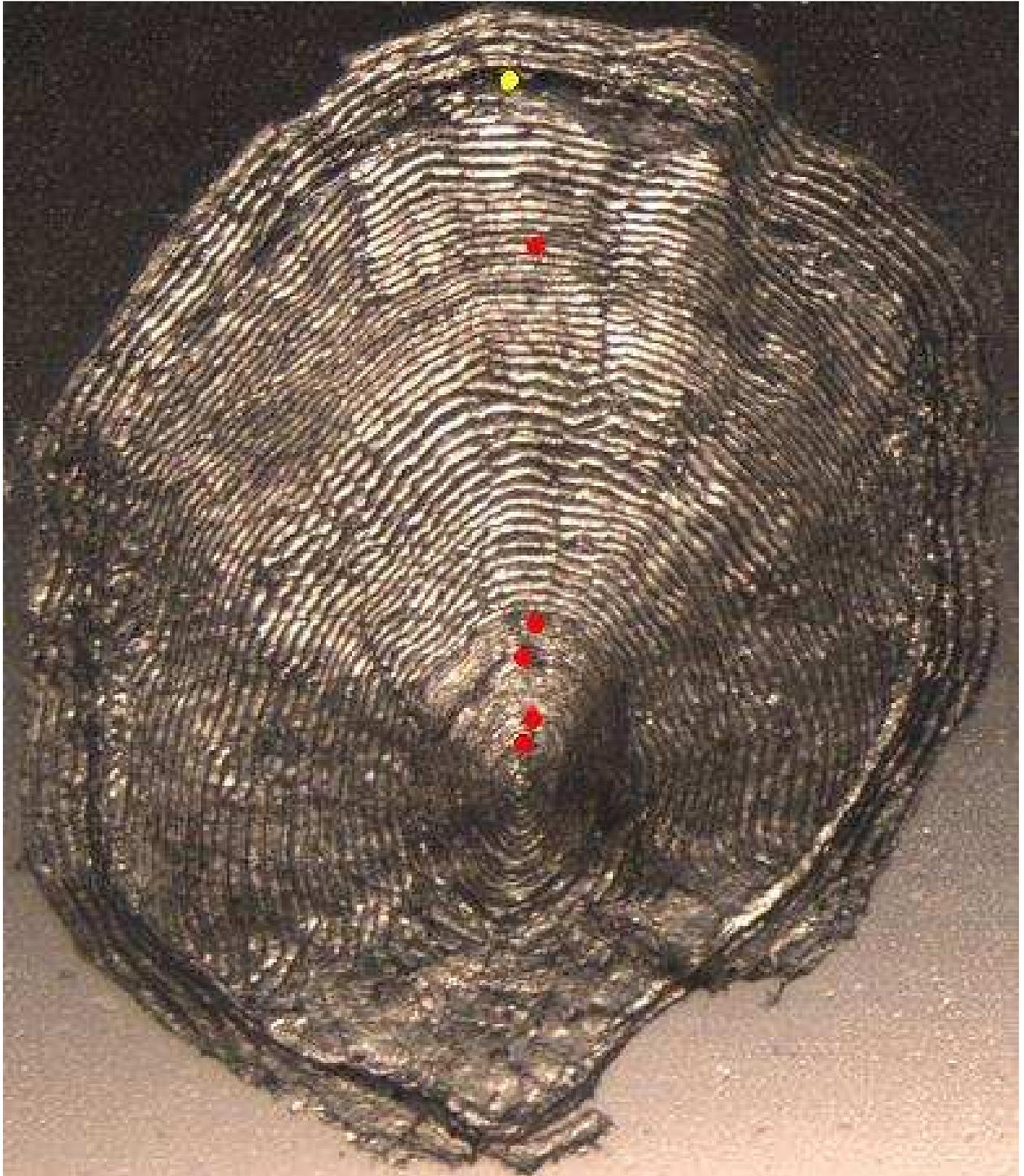


Figure 21 : 65,2cm 2,6kg âge 4,1+MF+ saumon de la rivière de la Trinité.



Figure 22 : 82 cm 4,45 kg âge 3,2+MF1+ saumon de la rivière de la Trinité.

Références

- Babos I., 1987. Rapport technique sur la lecture d'âge et son interprétation chez *Salmo salar* en fonction de la date de capture, Ministère des Loisirs de la Chasse et de la Pêche du Québec.
- Baglinière J.L. & Le Louarn H., 1987. Caractéristiques scalimétriques des principales espèces de poissons d'eau douce de France. Bull. Fr. Pêche Piscic., 306 : 1-39.
- Baglinière J.L., 1985. La détermination de l'âge par scalimétrie chez le saumon atlantique (*Salmo salar*) dans son aire de répartition méridionale : utilisation pratique et difficultés de la méthode. Bull. Fr Pêche Piscic., 298 : 69-105.
- Baglinière J.L., Castanet J., Conand F. & Meunier F.J., 1992a. Terminologie en sclérochronologie chez les vertébrés. In "Tissus durs et âge individuel des vertébrés". J.L. Baglinière, J. Castanet, F. Conand, F.J. Meunier (Eds.), ORSTOM-INRA Paris, 443-447.
- Baglinière J.L., Castanet J., Conand F. & Meunier F.J. (Eds.), 1992b. Tissus durs et âge individuel des vertébrés. ORSTOM-INRA, Paris, 459p.
- COSEPAC, 2010. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon atlantique (*Salmo salar*) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. I+ 162 p.
- Daniel R.A., 1996, Guide to the identification of scales of Inland fishes of northeastern North America, University of State of New York, State Education department, New York State Museum, Bull No. 488 : 97p.
- Deschamps D., 2012, Technique de préparation de structures et d'interprétation de l'âge chez le saumon atlantique (*Salmo salar*), Ministère des Ressources Naturelles et de la faune du Québec, 36p.
- Elton A.T.G.W., 2000. Age reading comparisons. (MS Excel workbook version 1.0 October 2000) Internet : <http://www.efan.no>
- Eltink A.T.G.W., Newton A.W., Morgado C., Santamaria M.T.G. & Modin J., 2000. Guidelines and Tools for Age Reading. (PDF document version 1.0 October 2000) Internet : <http://www.efan.no>
- Gueguen J.C. & Prouzet, P., 1994. Le Saumon Atlantique : biologie et gestion de la ressource, Editions de l'IFREMER, 330p.
- Hoffbauer C., 1898. Die Altersbestimmung des Karpfens an seiner Shuppe. All. Fish. Zeitung., 23 : 341-343p.
- ICES, 1984. Report on the Atlantic salmon scale reading workshop, 23-28 April 1984, Aberdeen, Scotland, 17p.

ICES, 2000. Report of the Study Group on Salmon Scale Reading (SGSSR), by correspondence, ICES CM 2000/H:06, 5p.

ICES, 2002. Report of the Study Group on Salmon Scale Reading (SGSSR), 12-14 November 2001, Helsinki, Finland. ICES CM 2002/H:01. 12p.

ICES, 2003. Report of the Study Group on Salmon Scale Reading Problems (SGSSR), 16-17 October 2002, Stockholm, Sweden, ICES CM 2003/H:01, Ref. I, 8p.

ICES, 2006. Report of the Study Group on Salmon Age Determination (SGSAD), 14-15 November 2006, Riga, Latvia. ICES CM 2006/DFC:01. 20p.

ICES, 2008. Report of the Study Group on Salmon Age Determination (SGSAD), 11-12 November 2008, St. Petersburg, Russia. ICES CM 2008/DFC:03. 21p.

ICES, 2011. Report of the Workshop on Age Determination of Salmon (WKADS), 18-20 January 2011, Galway, Ireland. ICES CM 2011/ACOM:44. 67p.

Lea E., 1910. On the methods used in herring investigations Publ. Circ. Cons. Perm. Int. Explor. Mer, 53p.

Leeuwenhoeck A., 1696. Opera omnia, Lugduni Batavorum. Epistola 107, 191-192.

Mahé K., Bellail R., Dufour J.-L., Boiron-Leroy A., Dimeet J., Duhamel E., Elleboode R., Felix J., Grellier P., Huet J., Labastie J., Le Roy D., Lizaud O., Manten M.-L., Martin S., Metral L., Nedelec D., Verin Y. & Badts V., 2009. Synthèse française des procédures d'estimation d'âge / French summary of age estimation procedures. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/7294/>

Martynov V.G., 1983. On variability on scale characteristics in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Int. Coun. Explor. Mer, Anacat Committee C.M.1983/M : 11p.

Ombredane D. & Baglinière J-L., 1991. Les écailles et leurs utilisations en écologie halieutique In "Tissus durs et âge individuel des vertébrés". J.L. Baglinière, J. Castanet, F. Conand, F.J. Meunier (Eds.), ORSTOM-INRA Paris, 151-192.

ONEMA, 2012, <http://www.aappmadieppe.free.fr>

Panfili J., Pontual H.(de), Troadec H. & Wright P.J. (Eds.), 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. Coédition Ifremer-IRD, 464p.

Réaumur, 1716. Observation sur la matière qui colore les perles fausses et sur quelques autres matières animales d'une autre couleur, à l'occasion de quoi on essaie d'expliquer la formation des écailles des poissons. Paris, Histoire de l'Académie Royale des Sciences.

Reddin DG., 2006. Perspective on marine ecology of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the northwest Atlantic. DFO Can. Sci. Adv. Sec. Res. Doc. 2006/018, 39p.

Rouleau A. & Bisailon S., 1991. Atelier de détermination de l'âge par scalimétrie chez le saumon Atlantique Mars 1987. Ministère des Loisirs de la Chasse et de la Pêche, Gouvernement du Québec, 65p.

Shearer (Eds.), 1992. Ices Cooperative Research Report 188. Atlantic Salmon Scale Reading Guidelines. ICES. Copenhagen.

Tesch F.W., 1971. Age and Growth. *In* : Fish Production in Fresh Waters. Blackwell Scient. Pub., Oxford, 2ième edition : 98-130.

Vibert P., 1950. Recherches sur le saumon de l'Adour (*Salmo salar* L.) (Ages, croissance, cycle génétique, races), 1942-1948, Ann. St. Cent. Hydro. Appl., 3 : 27-148.

Annexe 1: Liste des participants

Nom	Adresse	Téléphone/ Fax	Email
Denise Deschamps	Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune 880 chemin Ste-Foy 2ieme étage Québec , Québec Canada G1S 4X4	Phone (418) 627-8694 poste 7474	denise.deschamps@mrnf.gouv .qc.ca
Romain Elleboode	IFREMER Boulogne-sur-Mer Centre P.O. Box 699 F-62 321 Boulogne Cedex France	Phone (33) 321 995602 Fax (33) 321 995601	Romain.Elleboode@ifremer.fr
Herlé Goraguer	IFREMER Quai de la L' Alysse BP 4240 97500 Saint Pierre et Miquelon France	Phone (0) 508413083	Herle.Goraguer@ifremer.fr
Kélig Mahé Coordinateur	IFREMER Boulogne-sur-Mer Centre P.O. Box 699 F-62 321 Boulogne Cedex France	Phone (33) 321 995602 Fax (33) 321 995601	Kelig.Mahe@ifremer.fr

Annexe 2: Agenda

Lundi 10/09/12

09.00-10.30 : Introduction avec l'atelier sur l'âge de la morue, validation de l'agenda et organisation,
10.30-10.45 : pause
10.45-12.00 : revue des résultats
12.00-13.30 : repas
13.30-16.00 : analyse des images
16.00-16.15 : pause
16.15-18.00 : analyse des images

Mardi 11/09/12

09.00-10.30 : discussion sur les images et sources d'erreurs
10.30-10.45 : pause
10.45-12.00 : discussion sur les images et sources d'erreurs
12.00-13.30 : repas
13.30-16.00 : discussion sur les images et sources d'erreurs
16.00-16.15 : pause
16.15-18.00 : rédaction du protocole

Mercredi 12/09/12

09.00-10.30 : rédaction du protocole
10.30-10.45 : pause
10.45-12.00 : rédaction du protocole
12.00-13.30 : repas
13.30-16.15 : 2ième lecture
16.15-16.30 : pause
16.30-17.30 : 2ième lecture

Jeudi 13/09/12

09.00-10.30 : Analyse résultats 2ième lecture
10.30-10.45 : pause
10.45-12.00 : Ecriture Rapport final
12.00-13.30 : repas
13.30-16.00 : Ecriture Rapport final
16.00-16.15 : pause
16.15-18.30 : Ecriture Rapport final

Vendredi 14/09/12

09.00-10.30 : Résumé et images de référence
10.30-10.45 : pause
10.45-12.00 : Ecriture Rapport final
12.00-13.30 : repas
13.30-16.00 : Finalisation du rapport