

Not to be cited without
permission of the authors¹

Canadian Atlantic Fisheries
Scientific Advisory Committee

CAFSAC Research Document 83/86

Ne pas citer sans
autorisation des auteurs¹

Comité scientifique consultatif des
pêches canadiennes dans l'Atlantique

CSCPCA Document de recherche 83/86

Lecture comparative d'otolithes de hareng et
utilisation des stades de maturité sexuelle pour
l'attribution du groupe reproducteur

par

Louise Savard
Direction de la Recherche
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 15 000
901 Cap Diamant
Québec, Qué. G1K 7Y7

et

Marc Simoneau
Ministère de l'Environnement du Québec
Service de la Qualité des Eaux
2360 chemin Ste-Foy
Ste-Foy, Qué. G1V 4H2

¹ This series documents the scientific basis for fisheries management advice in Atlantic Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the Research Documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Research Documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat by the author.

¹ Cette série documente les bases scientifiques des conseils de gestion des pêches sur la côte atlantique du Canada. Comme telle, elle couvre les problèmes actuels selon les échéanciers voulus et les Documents de recherche qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés finals sur les sujets traités mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Les Documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée par les auteurs dans le manuscrit envoyé au secrétariat.

RÉSUMÉ

Une session de travail sur les lectures d'âge de hareng a été tenue en décembre 1982 à Québec. Cette réunion visait à tenir une lecture comparative d'otolithes effectuée par différents lecteurs représentant divers laboratoires et permettre d'estimer les biais qui peuvent exister dans l'attribution d'une classe d'âge à un spécimen. Chaque lecteur devait indiquer pour chaque hareng à âger le nombre d'anneaux comptés, le groupe reproducteur attribué selon le type d'otolithe et le stade de maturité sexuelle, l'âge ainsi que le critère utilisé pour l'attribution finale du groupe reproducteur et de l'âge. Les résultats indiquent une très forte concordance (82%) entre les lecteurs pour le nombre d'anneaux comptés et une concordance nettement plus faible (51%) pour l'âge. Les lecteurs utilisent un critère semblable pour l'attribution du groupe reproducteur dans 61% des cas et donnent le même groupe reproducteur à un spécimen dans 59% des cas avec le type d'otolithe et dans 83% des cas avec le stade de maturité sexuelle mis en relation avec la date de capture. Les résultats de cette lecture comparative d'otolithes de hareng démontrent que les problèmes rencontrés lors de l'attribution de l'âge se situent à un autre niveau que celui du dénombrement des anneaux de croissance.

Suite à cette réunion de travail, un projet a été entrepris pour tenter de mettre à jour l'état des connaissances sur l'évolution temporelle et la durée des stades de maturité chez le hareng. Ce projet visait à proposer une solution à un des problèmes rencontrés lors de l'attribution d'un groupe reproducteur à un spécimen à l'aide de son stade de maturité sexuelle et de sa date de capture. Des résultats de certains travaux sont utilisés pour élaborer un calendrier montrant l'évolution des stades de maturité en fonction des mois de l'année pour chaque groupe reproducteur de hareng et pour chacun des sexes.

Quelques recommandations sont émises à la suite de ce travail. Ces recommandations ont été faites à la lumière des résultats obtenus lors de la lecture comparative d'otolithes et visent l'uniformisation des méthodes utilisées lors des lectures d'âge de hareng.

ABSTRACT

A herring ageing workshop was held in Quebec City in December 1982. This meeting was aimed at comparing otolith readings carried out by different readers representing various laboratories and to permit an estimate of any biases that may exist in assigning an age class to a specimen. Each reader was to indicate, for each herring to be aged, the number of rings counted, the reproductive group assigned by both type of otolith and stage of sexual maturity, the age, and the criterion used for final assignment of the reproductive group and age. The results indicate very strong agreement (82%) among readers concerning the number of rings counted, but noticeably poorer agreement (51%) concerning age. Readers utilized a similar criterion for assigning the reproductive group in 61% of cases. The same reproductive group was assigned to a specimen in 59% of cases using the otolith type and in 83% of cases using the stage of sexual maturity set in relation to the date of catch. The results of this comparative reading of herring otoliths demonstrate that the problems in assigning age are encountered after the growth ring count.

Further to this working meeting, a project was undertaken to attempt to update the state of knowledge regarding temporal evolution and duration of maturity stages of herring. This project was aimed at proposing a solution to one of the problems encountered in assigning a reproductive group to a specimen on the basis of its stage of sexual maturity and its date of catch. Results of various studies are used to construct a calendar showing the evolution of the maturity stages as a function of the months of the year for each sex of the two herring reproductive groups.

Some recommendations are made as a result of this study. These recommendations are made in light of results obtained in the comparative reading of otoliths studied and are aimed at standardizing the methods used in herring age assignment.

INTRODUCTION

L'identification et la séparation des stocks de hareng (Clupea harengus harengus) du golfe Saint-Laurent ont été à l'origine de plusieurs études au cours des vingt dernières années (Messieh, 1980). Les travaux réalisés jusqu'à présent ont pour la plupart porté sur l'utilisation de caractères morphométriques et/ou méristiques dans le but de distinguer les populations. Cependant, les méthodes développées à l'aide de ces caractères ne peuvent être entièrement fiables; en effet, la contribution respective des facteurs génétiques et environnementaux aux variations observées chez ces caractères est toujours ignorée.

Cependant, il est maintenant reconnu qu'il existe un minimum de deux stocks reproducteurs de hareng dans le Golfe. En effet, deux saisons de reproduction distinctes, le printemps et l'automne, ont été identifiées et ces dernières sont assez discriminées dans le temps pour conclure à l'existence de deux stocks reproducteurs différents. Toutefois, l'identification du groupe reproducteur de chaque hareng pris individuellement demeure un problème, en particulier lorsque les poissons sont capturés en dehors des saisons de frai.

L'identification des deux groupes reproducteurs (printemps et automne) des harengs du Golfe se fait présentement selon deux méthodes. La première fait appel au type d'otolithe caractéristique de chacun des stocks. Une étude de Messieh (1969) sur les types de noyaux (opaque et hyalin) des otolithes de harengs capturés dans le sud du Golfe révèle que cette caractéristique ne peut être employée pour identifier le groupe reproducteur des harengs puisque certains individus possèdent à la fois un otolithe de chaque type. Par contre, Messieh (1972) mentionne que la forme de l'otolithe présente un meilleur critère pour séparer les types de hareng mais ce caractère ne peut être utilisé que pour certaines populations en raison de la forte variabilité qui lui est associée. Aucune des caractéristiques de l'otolithe lorsque utilisées séparément ne serait un critère fiable pour séparer de façon absolue les types de géniteurs. Cependant un certain degré de séparation peut être obtenu si l'ensemble des caractéristiques de l'otolithe est considéré (J.J. Hunt et G.H. Winters, manuscrit non publié).

La deuxième méthode utilisée pour identifier le stock d'origine d'un hareng tient compte du stade de maturité sexuelle du spécimen. Le cycle reproducteur du hareng est divisé en huit stades arbitraires associés au développement des gonades. Le stade de maturité d'un individu au moment de sa capture peut être utilisé pour estimer sa période probable de frai. Toutefois, cette procédure suppose que les différents stades de maturité sont bien définis et que les clés d'identification des stades de maturité sexuelle permettent une détermination exacte du degré de développement des gonades.

L'identification du groupe reproducteur des harengs a une implication majeure sur la détermination de leur âge. En effet, l'âge est assigné en comptant le nombre d'anneaux sur les otolithes et est ajusté selon la saison de

reproduction du spécimen. Ainsi, l'âge est égal au nombre d'anneaux dans le cas des reproducteurs de printemps et au nombre d'anneaux plus un (1) pour les reproducteurs d'automne (Hunt et al., 1973) Les lectures d'âge de hareng du Golfe sont effectuées par plusieurs laboratoires et les deux méthodes d'identification du groupe reproducteur sont utilisées selon divers degrés par ces laboratoires. Suite à de précédentes réunions de groupes de travail sur les lectures d'âge de hareng, il a été recommandé de tenir régulièrement des sessions d'étude afin d'évaluer les divergences engendrées par certains problèmes rencontrés lors des lectures d'otolithe. Il devient primordial de valider les lectures d'âge de hareng et de standardiser l'utilisation des méthodes d'identification du groupe reproducteur.

Une session de travail a donc été tenue au début du mois de décembre 1982 à Québec (Qué.) et réunissait trois des laboratoires impliqués dans les lectures d'âge de hareng, soit Moncton (N.-B.), St-Andrews (N.-B.) et Québec. Cette réunion visait à tenir une lecture comparative d'otolithes effectuée par différents lecteurs représentant divers laboratoires et permettre d'estimer les biais qui peuvent exister dans l'attribution d'une classe d'âge à chaque spécimen ainsi que d'identifier les paramètres utilisés pour une telle décision. De plus, à la suite de cette réunion de travail, un projet a été entrepris pour tenter de mettre à jour l'état des connaissances sur l'évolution et la durée des stades de maturité chez le hareng afin de proposer une solution à un des problèmes rencontrés dans l'attribution d'un groupe reproducteur à chaque spécimen lors des lectures d'âge.

LECTURE COMPARATIVE D'OTOLITHES

Matériel et méthodes

Un total de 285 otolithes de hareng ont été soumis à une lecture d'âge comparative effectuée par quatre lecteurs attachés à trois laboratoires différents (Québec, 2 lecteurs; Moncton, 1 lecteur; St-John's, 1 lecteur). La lecture comparative a été effectuée à Québec pour les lecteurs de Québec et Moncton et les otolithes ont été envoyés au quatrième lecteur à St-John's (Terre-Neuve). Les otolithes provenaient de six échantillons de hareng récoltés à trois sites différents (Fig. 1). Quatre d'entre eux ont été prélevés à l'automne et deux, au printemps (Tab. 1). Les harengs ont été capturés avec des filets maillants sauf l'échantillon provenant de Bonaventure qui a été récolté à bord d'un seigneur. Les données biologiques (longueur, poids, sexe, stade de maturité) ainsi que la date de capture étaient fournies pour chaque hareng dont les lecteurs devaient lire les otolithes.

Les lecteurs travaillaient indépendamment et devaient noter leurs observations sur des formulaires préalablement fournis (Fig. 2). Ils devaient indiquer pour chaque spécimen à âger, le nombre d'anneaux qu'ils avaient comptés ainsi que le groupe reproducteur, printemps ou automne, qu'ils avaient identifié par le type d'otolithe et par le stade de maturité sexuelle du spécimen. Enfin, les lecteurs devaient noter l'âge du spécimen et le(s)

critère(s) (type d'otolithe, stade de maturité ou les deux) qu'ils avaient utilisé(s) pour attribuer le poisson à un ou l'autre groupe reproducteur et ainsi ajuster l'âge.

Les pourcentages de concordance entre les résultats des lectures ont tous été calculés de la même façon. Les lectures étaient considérées comme concordantes si le nombre d'anneaux, l'âge ou le groupe reproducteur étaient respectivement semblables. Les critères utilisés pour attribuer le groupe reproducteur étaient considérés comme concordants si au moins un des critères donnés avait été utilisé par tous les lecteurs. Le nombre d'otolithes pris en considération était le nombre d'otolithes lus par tous les lecteurs. Les otolithes qu'un lecteur avait ignorés étaient rejetés du calcul du pourcentage de concordance.

Résultats et discussion

Le pourcentage de concordance entre les quatre lectures pour le nombre d'anneaux comptés est supérieur à 80% (Tab. 2). Toutefois, le pourcentage de concordance pour l'âge n'est que 51%. Les quatre lecteurs ont attribué la même saison de reproduction à un poisson en considérant le type d'otolithe dans près de 60% des cas. Le pourcentage de concordance atteint 83% quand ils considèrent le stade de maturité sexuelle du spécimen. Les lecteurs utilisent un critère semblable pour attribuer un groupe reproducteur à un poisson dans 61% des cas.

Il existe donc une source importante d'erreur entre l'étape du dénombrement des anneaux et celle de l'attribution finale de l'âge qui dépend du groupe reproducteur assigné au poisson. Lors d'une lecture comparative d'otolithes de hareng effectuée par deux lecteurs en 1981, un pourcentage de concordance de 52% avait été obtenu pour l'âge (J.J. Hunt, manuscrit non publié). Il était alors suggéré qu'environ 30% de la non-concordance était due à l'attribution du groupe reproducteur et qu'elle était plus importante pour les poissons immatures de 2 et 3 ans. Dans notre étude, à peine plus de 5% des spécimens sont immatures (Tab. 3). Cependant, le pourcentage moyen de concordance pour les âges, calculé pour les six combinaisons de deux lectures, est de 65% pour les poissons de 2 et 3 ans et 81% pour ceux de 4 ans et plus (Fig. 3). Il semble donc que la non-concordance soit plus forte chez les harengs de 2 ou 3 ans qui constituent un peu plus de 50% des six échantillons. Toutefois, la concordance moyenne pour le nombre d'anneaux comptés atteint 94% pour les poissons dont les otolithes ont 2 et 3 anneaux et diminue à 77% pour ceux de 4 anneaux et plus (Fig. 4).

Le site de prélèvement semble avoir peu d'influence sur la concordance pour les âges ou le nombre d'anneaux (Tab. 2). Le plus fort pourcentage de concordance entre les quatre lectures pour l'âge ne correspond pas nécessairement au plus fort pourcentage de concordance pour le nombre d'anneaux. Cependant, il semble que les otolithes des poissons de La Tabatière soient les plus difficiles à lire. Ces poissons sont aussi les plus âgés des échantillons.

Le groupe reproducteur attribué selon le stade de maturité sexuelle du spécimen concorde fortement entre les quatre lectures dans le cas des échantillons prélevés au printemps et dans deux des échantillons de l'automne (Tab. 2). La plupart (66%) des groupes reproducteurs non-concordants sont observés pour des stades de maturité III (Tab. 3). Cependant, il est à remarquer que des groupes reproducteurs différents sont observés pour des harengs ayant les mêmes sexe, stade de maturité et date de capture. De plus, un faible pourcentage de décision est noté: seulement 70% des stades de maturité sexuelle des harengs à âger ont été pris en considération, en excluant les spécimens immatures (J, F2, M2) et ceux dont le stade est inconnu (I). Toutefois, cette absence de décision est surtout due à un lecteur (Fig. 4).

Les quatre lecteurs utilisent un critère semblable pour attribuer un groupe reproducteur à un hareng dans 61% des cas (Tab. 2). Il semble que des lecteurs aient indiqué qu'ils utilisaient les deux critères, type d'otolithe et stade de maturité, simultanément quand ces critères donnaient le même groupe reproducteur (Tab. 4 et 5). Les lecteurs se sont servis du type d'otolithe pour attribuer le groupe reproducteur plus souvent qu'il n'y a de poissons immatures ou dont le stade est inconnu (Tab. 3). Il n'y a que 35% des harengs dont les lecteurs ne peuvent se servir du stade de maturité dans l'échantillon provenant de Bonaventure et 2% dans l'échantillon de Carleton du 17 septembre.

Le pourcentage de concordance pour une même lecture entre le groupe reproducteur attribué d'après le type d'otolithe et celui attribué selon le stade de maturité sexuelle est en moyenne 72% (Tab. 4). Il semble que la plus forte concordance soit observée dans les échantillons où un seul groupe reproducteur est présent, quoique ça ne soit pas une règle générale.

Les comparaisons des lectures deux à deux indiquent les mêmes tendances dans les pourcentages de concordance que celles observées dans la comparaison des quatre lectures simultanément (Fig. 5). Le pourcentage de concordance pour le nombre d'anneaux comptés atteint jusqu'à 94% dans un cas alors qu'il n'est que de 72% lorsqu'il s'agit de l'âge estimé.

Conclusion

Les résultats de cette lecture comparative d'otolithes de hareng démontrent que les problèmes rencontrés dans l'attribution de l'âge se situent à un autre niveau que celui du dénombrement des anneaux de croissance. Il semble que la faible concordance entre les âges soit due à la grande subjectivité et au manque d'uniformité qui existent dans l'attribution du groupe reproducteur à partir du type d'otolithe et du stade de maturité.

Dans le cadre de cette étude, la part de subjectivité était plus grande dans l'utilisation du type d'otolithe que dans celle du stade de maturité sexuelle. En effet, les lecteurs devaient juger à l'aide de critères qualitatifs chaque type d'otolithe afin d'attribuer un groupe reproducteur. Un certain pourcentage de non-concordance pour le groupe reproducteur attribué d'après le type d'otolithe était donc attendu.

Cependant, l'attribution d'un stade de maturité sexuelle à chaque spécimen était déjà faite ici; les lecteurs n'utilisaient que les résultats des analyses biologiques. Il s'agissait donc de relier le stade de maturité à la date de capture afin d'estimer la saison de reproduction. Cette dernière étape ne devrait pas être subjective au point d'induire des pourcentages de non-concordance de l'ordre de 20% dans le groupe reproducteur attribué à partir du stade de maturité sexuelle du spécimen. Un pourcentage de concordance près de 100% était attendu et aurait dû être atteint. De plus, il semble qu'une part des décisions prises au sujet du groupe reproducteur à partir des stades de maturité ait été faite au hasard, sans patron strictement défini. Des réponses différentes sont obtenues pour des poissons ayant le même stade de maturité et la même date de capture. Enfin, il semble qu'il n'y ait pas de règle générale dans la fréquence d'utilisation du type d'otolithe ou du stade de maturité.

Il conviendrait donc de réduire le biais induit par les deux méthodes d'attribution du groupe reproducteur pour ramener la concordance entre les lectures d'âge au même niveau que celle du dénombrement des anneaux. Une des façons de réduire ce biais serait d'établir une règle générale pour régir l'utilisation du type d'otolithe et du stade de maturité en plus de suivre un patron bien défini dans l'estimation de la saison de reproduction à partir du stade de maturité sexuelle et de la date de capture d'un spécimen.

UTILISATION DES STADES DE MATURITÉ DANS L'ATTRIBUTION DU GROUPE REPRODUCTEUR

L'attribution du groupe reproducteur chez le hareng à partir des caractéristiques de l'otolithe pose un problème en raison de la grande variabilité observée chez cette structure. Afin de contourner cette difficulté, les biologistes utilisent le stade de maturité sexuelle atteint par un individu au moment de sa capture pour estimer la période probable de frai et par conséquent son groupe reproducteur. Cependant, l'utilisation des stades de maturité peut également entraîner certains biais. D'une part, une erreur peut survenir dans la détermination du stade de maturité faite à partir de la clé d'identification (Boyar, 1968) et d'autre part, une autre erreur peut être commise lors de l'attribution du groupe reproducteur à un spécimen à partir de son stade de maturité sexuelle et de sa date de capture.

Le présent travail tente de mettre à jour l'état des connaissances sur l'évolution et la durée des stades de maturité du hareng de l'Atlantique afin

de proposer une solution au problème posé par l'attribution du groupe reproducteur à chaque spécimen à partir du stade de maturité. L'établissement d'une règle stricte dans l'estimation de la saison de reproduction à partir du stade de maturité et de la date de capture permettrait d'uniformiser les résultats obtenus par cette méthode de détermination du groupe reproducteur.

Patrons généraux dans les cycles reproducteurs

En suivant les changements temporels qui se produisent au niveau du rapport gonado-somatique (RGS) des femelles de poissons, il est possible d'obtenir une image partielle des patrons temporels d'investissement en tissu ovarien (Wootton, 1979). Une information semblable peut être obtenue chez les mâles mais le poids des testicules à maturité étant moindre que celui des ovaires, le RGS varie moins dans le temps. Ainsi, chez les espèces nordiques tempérées, trois patrons généraux de développement ovarien peuvent être distingués.

Les géniteurs qui frayent à l'automne ou au début de l'hiver montrent un RGS faible à partir de la période qui suit le frai jusqu'au milieu de l'été puis soudainement, un accroissement rapide pour atteindre un maximum quelque temps avant le frai. L'Ombre de fontaine (Salvelinus fontinalis) illustre bien ce patron de développement. Chez cette espèce, la maintenance et la croissance somatiques prennent préséance durant l'hiver, le printemps et le début de l'été tandis que l'accroissement des gonades prend place durant la fin de l'été et l'automne (Wootton, 1979).

Les individus des espèces qui se reproduisent vers la fin de l'hiver et au printemps ont habituellement un faible RGS au cours de l'été. Leur développement ovarien s'effectue régulièrement au cours de l'automne et de l'hiver de telle sorte que le RGS maximal est atteint vers la fin de l'hiver. Chez ces espèces, l'accroissement majeur de l'ovaire s'effectue en période de basse température et de courte photopériode et semble associé à une faible alimentation (Wootton, 1979). La maturation des ovaires du Grand brochet (Esox lucius) suit ce patron général (Frost et Kipling, 1967).

Le rapport gonado-somatique des femelles qui frayent tard au printemps et l'été demeure faible durant l'hiver et augmente soudainement peu de temps avant le frai. L'accroissement rapide des gonades se produit alors en période de température et photopériode croissantes et semble associé à une forte alimentation. L'épinoche à trois épines (Gasterosteus aculeatus) appartient à ce groupe (Wootton et al., 1978).

Le hareng du golfe Saint-Laurent

Les géniteurs de printemps présentent un pic de frai en mai (Messieh, 1975), s'alimentent à partir de la période qui suit le frai jusqu'au milieu de l'été et investissent dans la croissance somatique. Ils développent ensuite

leurs gonades durant le reste de l'été et l'automne. Ils passent habituellement l'hiver au stade de maturité IV (Parsons et Hodder, 1975; McGurk et al., 1980), puis poursuivent la maturation de leurs gonades à partir de la fin de mars et début d'avril.

Les géniteurs d'automne montrent un pic de frai aux mois d'août et septembre (Messieh, 1975). Ils s'alimentent ensuite le reste de l'automne et passent l'hiver au stade de maturité VIII. Ils reprennent leur alimentation au printemps, investissent dans la croissance somatique et ensuite dans la reproduction vers le milieu de l'été et l'automne.

Entre ces deux pics de frai, on observe la présence de géniteurs qui se reproduisent durant la période estivale (Messieh, 1975). Cette composante estivale du stock semble se comporter comme le hareng d'automne. Les individus, après le frai passent l'été et l'automne à s'alimenter et à accumuler leur réserve de graisse. Comme les harengs d'automne, ils passent l'hiver au stade de maturité VIII et reprennent leur alimentation à la fin de mars et début d'avril. Le développement des gonades s'effectue à cette période de l'année. Petursson et Rosenberg (1982) rapportent que le hareng d'été d'Islande demeure au stade de maturité VIII tout l'hiver après avoir frayé en juillet et août. Selon ces auteurs, bien qu'il n'y ait pas suffisamment de nourriture pour permettre le développement des gonades à l'automne, un accroissement graduel de la taille et du contenu en graisse est observé chez ces poissons.

Durée des stades de maturité chez le hareng

Un grande variété de harengs de différentes races et types reproducteurs a été étudiée. Iles (1964) démontre que pour plusieurs géniteurs d'été-automne et d'hiver-printemps, la date à laquelle débute le cycle de maturation sexuelle varie peu pour un même type tout comme le temps passé aux premiers stades de maturité. Chez le hareng de type été-automne, les stades de maturité plus avancés sont traversés assez rapidement tandis que chez le hareng d'hiver, les poissons peuvent séjourner jusqu'à trois mois à un stade de maturité avancé avant que le frai ne survienne. Le hareng de printemps subit un arrêt dans la maturation de ses gonades avec l'arrivée des conditions hivernales ce qui résulte en une durée prolongée à un état de maturité avancé. Bien que les résultats de Iles (1964) sur la durée des stades de maturité soient difficilement utilisables directement parce qu'ils s'appuient sur une échelle de maturité différente de celle utilisée maintenant, ils montrent que pour un même type de géniteurs, les gonades des mâles parviennent plus rapidement à maturité que celles des femelles.

Plus récemment, Giedz (1978) a étudié l'évolution et la durée des stades de maturité du hareng d'automne du Banc Georges (Tab. 6, fig. 6). Cette étude peut s'appliquer au hareng du Golfe puisque l'échelle de maturité est la même que celle utilisée pour le hareng du Golfe. De plus, elle considère les mâles et les femelles séparément. L'auteur définit la durée d'un stade de maturité comme étant la période au cours de laquelle ce stade domine chez les

harengs échantillonnés. Le hareng du Banc Georges passe l'hiver au stade de maturité VIII et le développement des gonades s'amorce au début d'avril (Tab. 6). La durée du développement des gonades diminue du stade III au stade V. Les résultats montrent également un taux de développement différent pour les gonades des deux sexes (Fig. 6). Les taux de développement sont sensiblement les mêmes du début de l'année jusqu'au début d'août. Les femelles atteignent le stade IV plus rapidement que les mâles en août mais vers la fin de ce mois, le taux de croissance des gonades des mâles dépasse celui des femelles et demeure ainsi jusqu'à la fin d'octobre.

Petursson et Rosenberg (1982) se sont attardés à la description du cycle reproducteur et à la durée des stades de maturité du hareng de printemps des régions de Kattegat et Skagerrak. L'échelle de maturité utilisée est similaire à celle utilisée pour le hareng du Golfe et les sexes sont considérés séparément (Fig. 7). La différence principale entre les deux stocks se situe au niveau des stades de maturité V et VI, lesquels durent plus longtemps chez les mâles et les femelles de Skagerrak. La durée plus longue de ces stades peut être liée au fait que la période de frai est plus étendue chez ce stock; la durée réelle des stades V et VI pourrait être semblable à celle du stock de Kattegat et serait camouflée par la période de frai prolongée. En ce qui a trait aux différences entre sexes, les femelles des deux stocks passent moins de temps au stade de maturité IV que les mâles. De plus, dans le cas du stock du Kattegat, la majorité des femelles passent l'hiver au stade III tandis que les mâles demeurent au stade IV.

Calendrier de la maturation sexuelle du hareng du Golfe

Les deux dernières études mentionnées, Giedz (1978) et Petursson et Rosenberg (1982), présentent un intérêt particulier puisque la première décrit la maturation du hareng d'automne et la seconde, du hareng de printemps. Les deux travaux considèrent les mâles et les femelles de façon séparée et mettent en évidence des différences dans la durée de certains stades entre les sexes comme l'avait démontré Iles (1964). De plus, les échelles de maturité utilisées dans chaque étude correspondent à celles qu'utilisent les différents laboratoires attachés à l'étude du hareng du golfe Saint-Laurent.

Les résultats concernant la durée des stades de maturité sexuelle obtenus par ces auteurs ont été utilisés pour élaborer un calendrier montrant l'évolution des stades de maturité en fonction des mois de l'année pour chaque groupe reproducteur de hareng et chaque sexe (Fig. 8). Les résultats de Giedz (1978) ont été utilisés pour le hareng d'automne et ceux de Petursson et Rosenberg (1982) pour le hareng de printemps. Dans ce dernier cas, les résultats de Kattegat ont été préférés à ceux de Skagerak en raison de la période de frai plus courte pour le premier stock. En effet, la période de frai plus longue du hareng de Skagerak peut camoufler la durée réelle des stades V et VI. Le but fixé par cette démarche est d'établir un patron bien défini décrivant la maturation sexuelle du hareng et permettant d'éliminer la subjectivité dans l'attribution d'un groupe reproducteur à un individu à partir de son stade de maturité et de sa date de capture.

Dans le calendrier élaboré (Fig. 8), les stades de maturité sont séparés selon des diagonales étant donné que la proportion de l'un dans la population diminue quand la proportion de l'autre augmente. L'interception entre la première diagonale d'un stade et l'abscisse inférieure correspond à la date de la première apparition de ce stade dans la population. L'interception entre la seconde diagonale et l'abscisse supérieure indique le moment de la disparition du stade. La largeur entre les deux diagonales est équivalente à la durée réelle de ce stade.

Cependant, ce calendrier a été élaboré à partir de résultats puisés dans la littérature. Un premier essai avec des données sur le hareng du Golfe a montré que le calendrier est directement applicable aux deux stocks reproducteurs. Il conviendrait toutefois, dans une seconde étape, de valider le calendrier proposé avec des données historiques afin de faire les ajustements qui pourraient être nécessaires. Les dates d'apparition de chacun des stades de maturité dans la population, les proportions des différents stades dans le temps de même que la durée des stades pourraient être précisées pour le hareng du Golfe.

Conclusion

En connaissant la date de capture d'un individu, son sexe et son stade de maturité sexuelle, il deviendrait possible d'estimer rapidement la saison de reproduction, donc le groupe reproducteur du spécimen avec un tel calendrier. L'utilisation d'un calendrier dans les laboratoires où se font les lectures d'âge de hareng permettrait d'uniformiser la méthode d'attribution du groupe reproducteur à partir des stades de maturité et d'éliminer une certaine quantité de biais associé à l'utilisation de cette méthode.

RECOMMANDATIONS

A la suite de la réunion de travail de décembre 1982, certaines recommandations ont été émises concernant des projets de recherche à entreprendre afin de préciser certains points sur l'utilisation des stades de maturité sexuelle lors de l'attribution du groupe reproducteur. Ces recommandations ont été ajustées à la lumière des résultats obtenus lors de la lecture comparative d'otolithes et visent l'uniformisation des méthodes utilisées lors des lectures d'âge de hareng.

1. Uniformisation de l'utilisation des méthodes d'attribution du groupe reproducteur.

Il conviendrait de standardiser la fréquence d'utilisation du type d'otolithe et du stade de maturité de façon à ce qu'il existe une règle bien définie stipulant dans quelles circonstances une méthode doit être employée plutôt qu'une autre.

2. Utilisation d'un calendrier de maturation sexuelle.

L'établissement d'un tel calendrier permettrait d'avoir un patron strict de l'évolution de la maturité sexuelle et son utilisation systématique par les différents laboratoires standardiserait la méthode d'attribution du groupe reproducteur à partir du stade de maturité. La validité du calendrier présenté plus haut devrait être établie à partir de données historiques. Les dates d'apparition des stades de maturité, les proportions des stades dans la population à un moment donné et la durée des stades pourraient alors être précisées pour le hareng du Golfe.

3. Identification des stades de maturité sexuelle.

La précision avec laquelle un individu est placé dans son groupe reproducteur d'origine est fonction de l'exactitude avec laquelle le stade de maturité de cet individu a été déterminé. Les méthodes d'identification des stades de maturité devraient être revues afin d'éliminer le plus de subjectivité possible dans leur utilisation. Des méthodes complémentaires devraient être développées afin d'augmenter la fiabilité de la détermination des stades de maturité.

4. Validation régulière des lectures d'âge.

Des réunions de travail sur les lectures d'âge de hareng et des lectures comparatives d'otolithes devraient être tenues régulièrement afin d'assurer l'uniformisation des méthodes utilisées et permettre la détection des biais ou problèmes associés à ces méthodes.

5. Uniformisation de l'information des lectures d'âge.

Le nombre d'anneaux comptés, le type d'otolithe, le stade de maturité, le groupe reproducteur assigné au spécimen, le critère utilisé pour cette assignation ainsi que l'âge estimé devraient être notés pour chaque individu à âger afin de permettre la vérification, validation ou révision des lectures d'âge après un certain temps si nécessaire.

REFERENCES

- Boyar, H.C. 1968. Age, length, and gonadal stages of herring from Georges Bank and the Gulf of Maine. ICNAF Res. Bull. 5: 49-61.
- Frost, W.E. and C. Kipling. 1967. A study of reproduction, early life, weight-length relationships and growth of pike, Esox lucius L., in Windermere. J. Anim. Ecol. 36: 651-693.
- Giedz, M. 1978. Stages of maturity of gonads in herring from Georges Bank. ICNAF Res. Doc. 78/VI/20.
- Hunt, J.J., L.S. Parsons, J.E. Watson and G.H. Winters. 1973. Report of herring ageing workshop. St. Andrews, N.B., 11-13 December 1972. ICNAF Res. Doc. 73/2.
- Iles, T.D. 1964. The duration of maturation stages in herring. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 29: 166-183.
- McGurk, M.D., J.M. Green, W.D. McKone and K. Spencer. 1980. Condition indices, energy density and water and lipid content of Atlantic herring (Clupea harengus harengus) of Southeast Newfoundland. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. (958): 41 p.
- Messieh, S.N. 1980. A bibliography of herring (Clupea harengus L.) in the Northwest Atlantic. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. (919): 25 p.
- Messieh, S.N. 1975. Maturation and spawning of Atlantic Herring (Clupea harengus harengus L.) in the Southern Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 32: 66-68.
- Messieh, S.N. 1972. Use of otoliths in indentifying herring stocks in the Southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. J. Fish. Res. Board Can. 29: 1113-1118.
- Messieh, S.N. 1969. Similarity of otolith nuclei in spring and autumn spawning Atlantic herring in the Southern Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Board Can. 26: 1889-1898.
- Parsons, L.S. and V.M. Hodder. 1975. Biological characteristics of Southwest Newfoundland herring, 1965-71. ICNAF Res. Bull. 11: 145-160.

Petursson, P.M. and R. Rosenberg. 1982. Maturity and growth of the spring spawning herring in the Kattegat-Skagerrak. *Ophelia* 21(2): 195-204.

Wootton, R.J. 1979. Energy cost of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes, p. 133-159. In: P.J. Miller (ed.) *Fish phenology: anabolic adaptiveness in teleosts*. Academic Press, London, 449 p.

Wootton, R.J., G.W. Evans and L. Mills. 1978. Annual cycle in female three-spined sticklebacks (Gasterosteus aculeatus L.) from an upland and lowland population. *J. Fish. Biol.* 12: 331-343.

Tableau 1. Site et date de prélèvement des échantillons et nombre d'otolithes utilisés pour la lecture comparative d'otolithes.

SITE	DATE	NOMBRE
Bonaventure	03-10-82	50
La Tabatière	12-06-82	49
La Tabatière	11-08-82	40
Carleton	17-09-81	48
Carleton	23-09-81	48
Carleton	07-05-82	50
TOTAL		285

Tableau 2. Concordance entre les quatre lectures pour le nombre d'anneaux comptés, l'âge estimé, la saison de reproduction attribuée selon l'otolithe et le stade de maturité et les critères utilisés pour l'attribution finale du groupe reproducteur et de l'âge.

SITE	CONCORDANCE					
	Saison de reproduction					
	Anneaux	Age	Otolithe	Maturité	Critères	
Bonaventure 03-10	% n	92 46/50	41 16/39	43 16/37	38 8/21	42 16/38
La Tabatière 12-06	% n	54 20/37	49 18/37	95 36/38	96 23/24	48 19/40
La Tabatière 11-08	% n	53 10/19	58 11/19	44 7/16	96 24/25	100 19/19
Carleton 17-09	% n	89 42/47	60 28/47	65 26/40	100 45/45	70 33/47
Carleton 23-09	% n	81 38/47	49 23/47	74 26/35	60 26/43	63 29/46
Carleton 07-05	% n	96 47/49	54 25/46	26 11/42	100 28/28	59 27/46
TOTAL	% n	82 203/249	51 121/235	59 122/208	83 154/186	61 143/236

Tableau 3. Fréquence des stades de maturité sexuelle des spécimens à âger et fréquence des stades de maturité à partir desquels les groupes reproducteurs assignés sont concordants ou non-concordants pour quatre lectures.

T: total, C: concordant, N: non-concordant, J: juvénile, F: femelle, M: mâle, I: inconnu.

SITE		STADES DE MATURITE															TOTAL	
		J	F2	M2	F3	M3	F4	M4	F5	M5	F6	M6	F7	M7	F8	M8		I
Bonaventure 03-10	T	2	4	9	13	5					1	1	2	3	8	2	50	
	C												1	2	5		8	
	N				6	4					1	1	1				13	
La Tabatière 12-06	T					12	10	1	1	11	6	4	2		2		49	
	C								1	10	6	4	2				23	
	N								1								1	
La Tabatière 11-08	T				2	5	3		11	18				1			40	
	C				2	3	2		5	11				1			24	
	N						1										1	
Carleton 17-09	T					1	3	2			3	2	9	7	3	17	1	48
	C						3	2			3	2	9	6	3	17		45
	N																	0
Carleton 23-09	T				10	2	13	17		4			1		1		48	
	C						10	12		3			1				26	
	N				9	2	3	1		1					1		17	
Carleton 07-05	T				3	19	19	7	1	1							50	
	C						19	7	1	1							28	
	N																0	
TOTAL	T	2	4	9	28	44	48	27	13	34	9	7	13	10	9	25	3	285
	C				2	3	34	21	7	25	9	6	12	8	5	22		154
	N				15	6	4	1		2		1	1	1	1			32

Tableau 4. Pourcentage d'utilisation des otolithes (O), du stade de maturité (M) et des deux simultanément (O/M) pour attribuer le groupe reproducteur pour chaque lecteur. Q₁ et Q₂: premier et deuxième lecteur de Québec, M: lecteur de Moncton, TN: lecteur de St-John's, Terre-Neuve.

SITE	CRITERE	LECTEUR							
		Q ₁		Q ₂		M		TN	
		%	n	%	n	%	n	%	n
Bonaventure 03-10	O	91	(43/47)	37	(18/49)	63	(26/41)	36	(18/50)
	M	9	(4/47)	57	(28/49)	20	(8/41)	20	(10/50)
	O/M	0	(0/47)	6	(3/49)	17	(7/41)	44	(22/50)
La Tabatière 12-06	O	2	(1/46)	0	(0/49)	50	(21/42)	16	(8/49)
	M	98	(45/46)	100	(49/49)	0	(0/42)	6	(3/49)
	O/M	0	(0/46)	0	(0/49)	50	(21/42)	78	(38/49)
La Tabatière 11-08	O	0	(0/40)	0	(0/40)	0	(0/19)	0	(0/40)
	M	100	(40/40)	100	(40/40)	79	(15/19)	33	(13/40)
	O/M	0	(0/40)	0	(0/40)	21	(4/19)	67	(27/40)
Carleton 17-09	O	2	(1/47)	0	(0/48)	8	(4/48)	25	(12/48)
	M	98	(46/47)	73	(35/48)	42	(20/48)	0	(0/48)
	O/M	0	(0/47)	27	(13/48)	50	(24/48)	75	(36/48)
Carleton 23-09	O	26	(12/47)	0	(0/48)	9	(4/47)	2	(1/48)
	M	74	(35/47)	100	(48/48)	51	(24/47)	10	(5/48)
	O/M	0	(0/47)	0	(0/48)	40	(19/47)	88	(42/48)
Carleton 07-05	O	0	(0/49)	0	(0/50)	40	(19/47)	0	(0/50)
	M	100	(49/49)	100	(50/50)	15	(7/47)	8	(4/50)
	O/M	0	(0/49)	0	(0/50)	45	(21/47)	92	(46/50)
TOTAL	O	21	(57/276)	6	(18/284)	30	(74/244)	14	(39/285)
	M	79	(219/276)	88	(250/284)	30	(74/244)	12	(35/285)
	O/M	0	(0/276)	6	(16/284)	40	(96/244)	74	(211/285)

Tableau 5. Pourcentage de concordance entre les groupes reproducteurs attribués avec l'otolithe et le stade de maturité pour chaque lecteur.
 P: printemps, A: automne, Q₁ et Q₂: premier et deuxième lecteur de Québec,
 M: lecteur de Moncton, TN: lecteur de St-John's, Terre-Neuve.

SITE	GROUPE REPRODUCTEUR	LECTEUR							
		Q ₁		Q ₂		M		TN	
		%	n	%	n	%	n	%	n
Bonaventure 03-10	Total	44	(14/32)	78	(38/49)	59	(10/17)	70	(23/33)
	P	21	(3)	13	(5)	70	(7)	74	(17)
	A	79	(11)	87	(33)	30	(3)	26	(6)
La Tabatière 12-06	Total	98	(40/41)	76	(37/49)	100	(21/21)	78	(38/49)
	P	100	(40)	97	(36)	100	(21)	97	(37)
	A	0		3	(1)	0		3	(1)
La Tabatière 11-08	Total	83	(33/40)	83	(33/40)	25	(4/16)	68	(27/40)
	P	21	(7)	21	(7)	100	(4)	26	(7)
	A	79	(26)	79	(26)	0		74	(20)
Carleton 17-09	Total	91	(42/46)	96	(45/47)	70	(28/40)	77	(36/47)
	P	0		0		0		0	
	A	100	(42)	100	(45)	100	(28)	100	(36)
Carleton 23-09	Total	74	(34/46)	71	(34/48)	58	(19/33)	89	(42/47)
	P	0		0		0		2	(1)
	A	100	(34)	100	(34)	100	(19)	98	(41)
Carleton 07-05	Total	53	(26/49)	48	(24/50)	88	(21/24)	92	(46/50)
	P	35	(9)	58	(14)	100	(21)	100	(46)
	A	65	(17)	42	(10)	0		0	
TOTAL	Total	74	(189/254)	75	(211/283)	68	(103/151)	80	(212/266)
	P	31	(59)	29	(62)	51	(53)	51	(108)
	A	69	(130)	71	(149)	49	(50)	49	(104)

Tableau 6. Périodes de temps durant lesquelles chaque stade de maturité sexuelle prédomine chez les harengs échantillonnés. (Tiré de Giedz, 1978).

STADE DE MATURETE	PERIODE DE TEMPS DU STADE DOMINANT	NOMBRE DE JOURS
VIII + II	- 30 mars	> 60
III	1er avril - 30 juin	90
IV	1er juillet - 20 août	50
V	21 août - 20 sept.	30
VI + VII	21 sept. - 30 oct.	40
VIII	1er novembre -	> 30

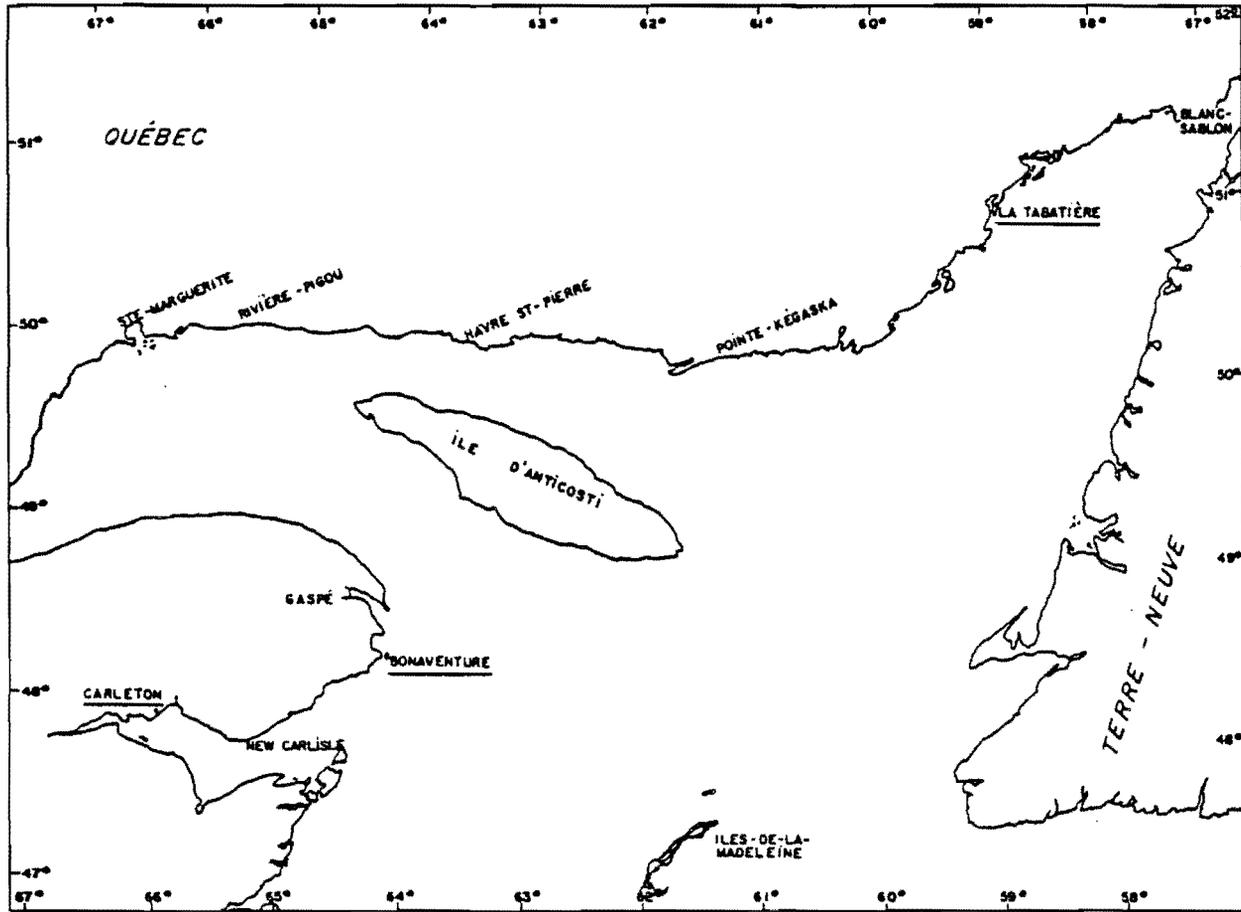


Figure 1. Sites de prélèvement des échantillons de hareng dont les otolithes étaient à lire.

HARENG/HERRING

Echant./Sample _____
 (part) (date) (no)
 Lecteur/Reader _____ Lab. _____
 Date _____

no	anneaux rings	oto.	reproducteur spat. type	mat.	ose	oto.	mat.	critère criteria	remarques/notes
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
0									
1									
2									
3									
4									
5									

Figure 2. Formulaire utilisé par les lecteurs lors de la lecture comparative d'otolithes.

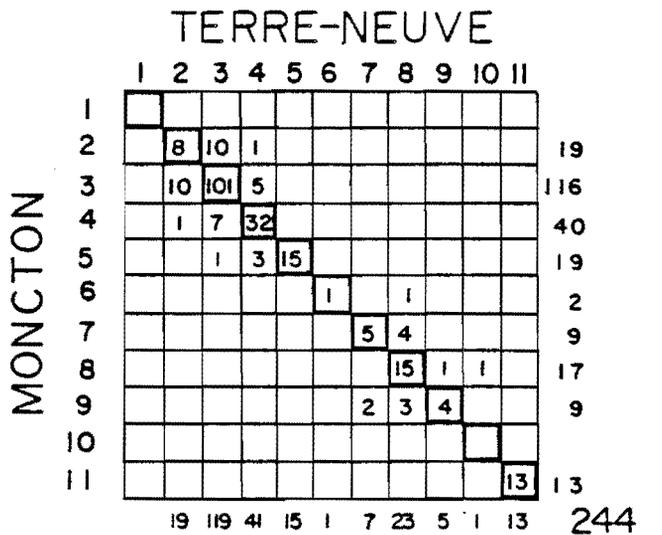
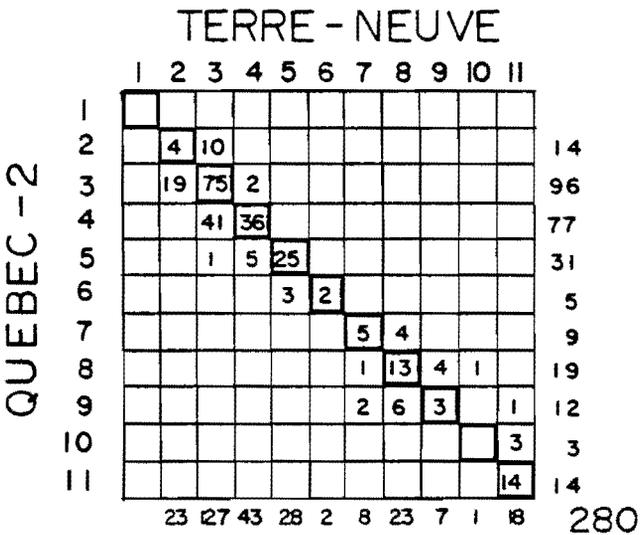
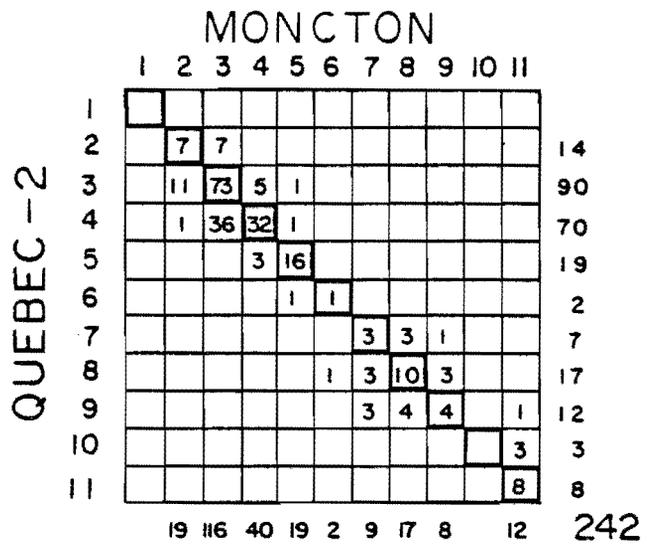
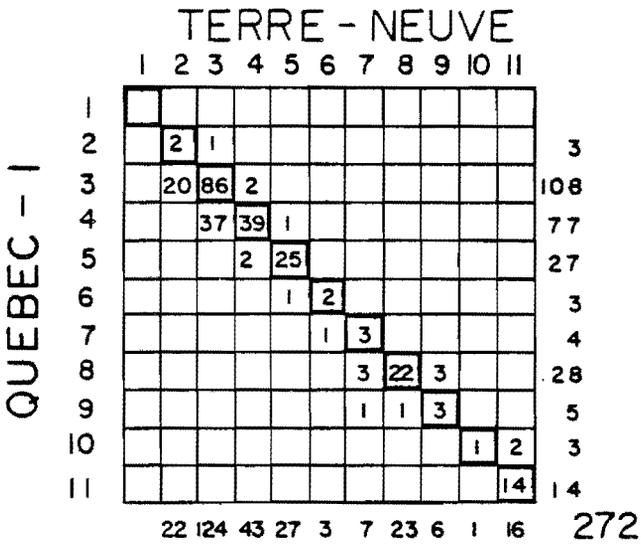
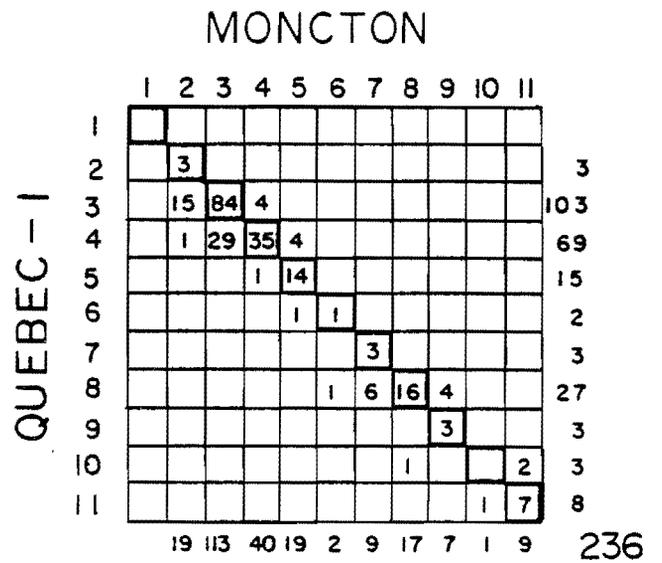
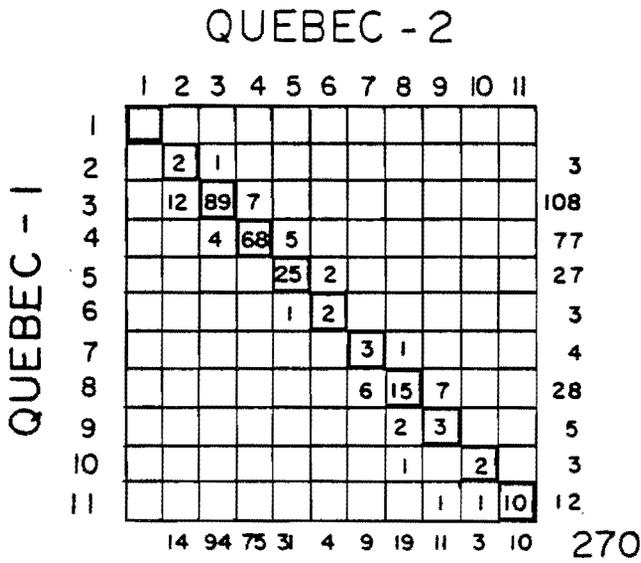


Figure 3. Résultats de la lecture comparative d'otolithes pour l'âge selon les quatre lecteurs comparés deux à deux. En haut et à gauche: les âges; en bas et à droite: les nombres d'otolithes.

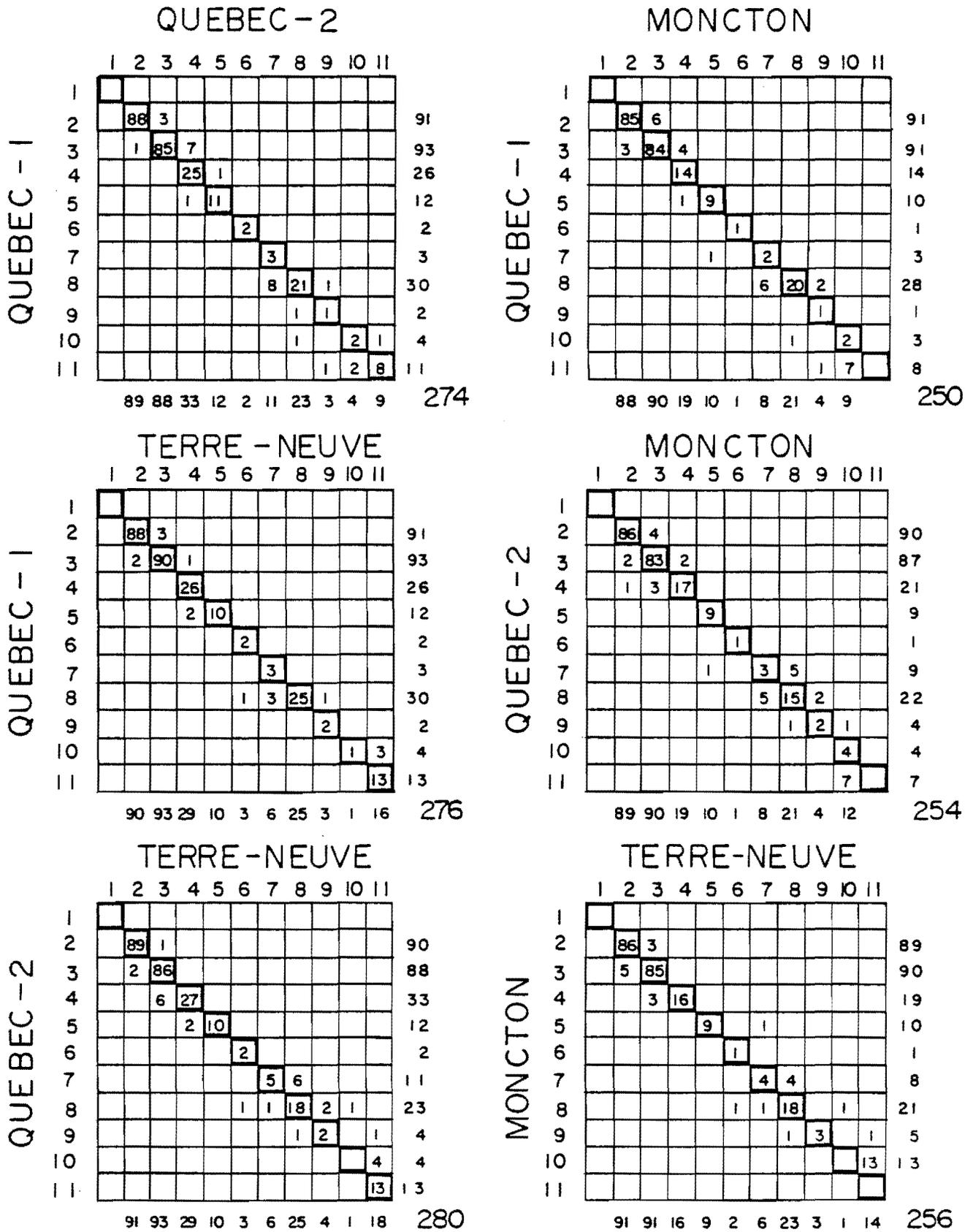


Figure 4. Résultats de la lecture comparative d'otolithes pour le nombre d'anneaux comptés selon les quatre lecteurs comparés deux à deux. En haut et à gauche: les nombres d'anneaux; en bas et à droite: les nombres d'otolithes.

POURCENTAGE DE CONCORDANCE (%)

NOMBRE

ANNEAU

	Q1	Q2	M	TN
Q1		246/ /274	218/ /250	260/ /276
Q2	90		220/ /254	252/ /280
M	87	87		222/ /256
TN	94	90	87	

AGE

	Q	Q	M	TN
Q1		219/ /270	166/ /236	197/ /272
Q2	81		154/ /242	177/ /280
M	70	64		194/ /244
TN	72	63	80	

OTOLITHE

	Q1	Q2	M	TN
Q1		235/ /271	144/ /208	196/ /273
Q2	87		164/ /218	218/ /285
M	69	75		185/ /217
TN	72	76	85	

MATURITÉ

	Q1	Q2	M	TN
Q1		236/ /264	171/ /187	216/ /263
Q2	89		161/ /187	211/ /266
M	91	86		175/ /187
TN	82	79	94	

CRITERE

	Q1	Q2	M	TN
Q1		239/ /278	177/ /238	246/ /276
Q2	86		177/ /243	268/ /284
M	74	73		225/ /245
TN	89	94	92	

Figure 5. Pourcentage de concordance entre les quatre lecteurs comparés deux à deux pour le nombre d'anneaux comptés, l'âge, le groupe reproducteur attribué avec l'otolithe et le stade de maturité et les critères utilisés.

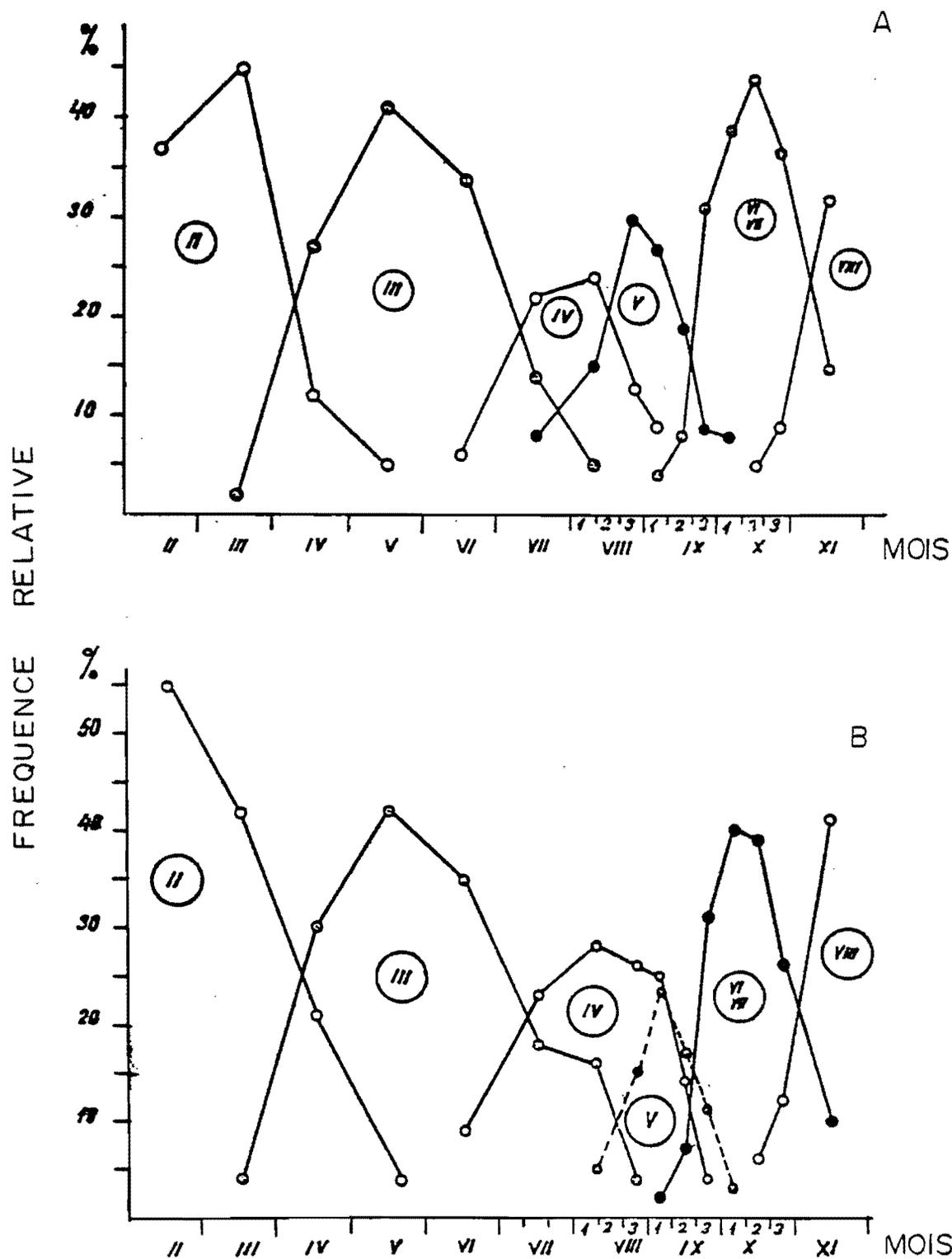


Figure 6. Fréquence relative des mâles (A) et des femelles (B) selon différents stades de maturité sexuelle pour des périodes de temps successives. Les stades de maturité sexuelle sont encadrés. (Tiré de Giedz, 1978).

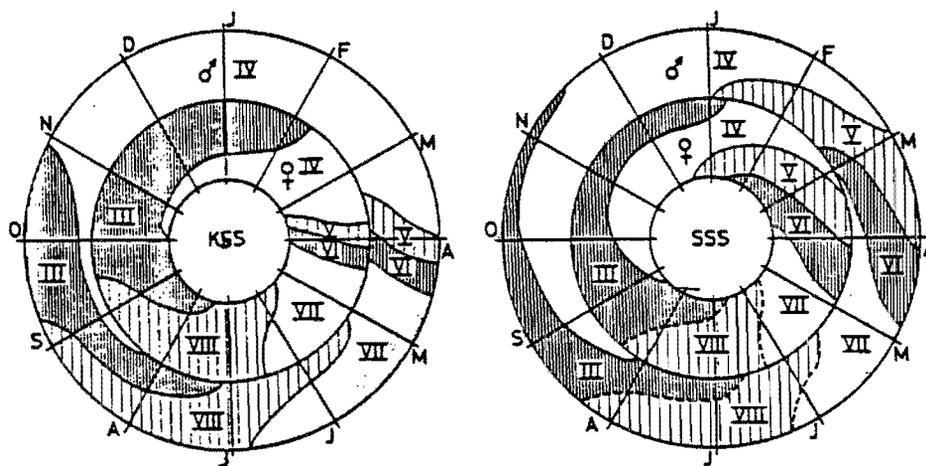


Figure 7. Cycle annuel de maturation sexuelle dont la direction est celle du sens des aiguilles d'une montre, pour les reproducteurs de printemps de Kattegat (gauche) et Skagerak (droite). Les cercles internes sont pour les femelles et les externes, pour les mâles. (Tiré de Petursson et Rosenberg, 1982).

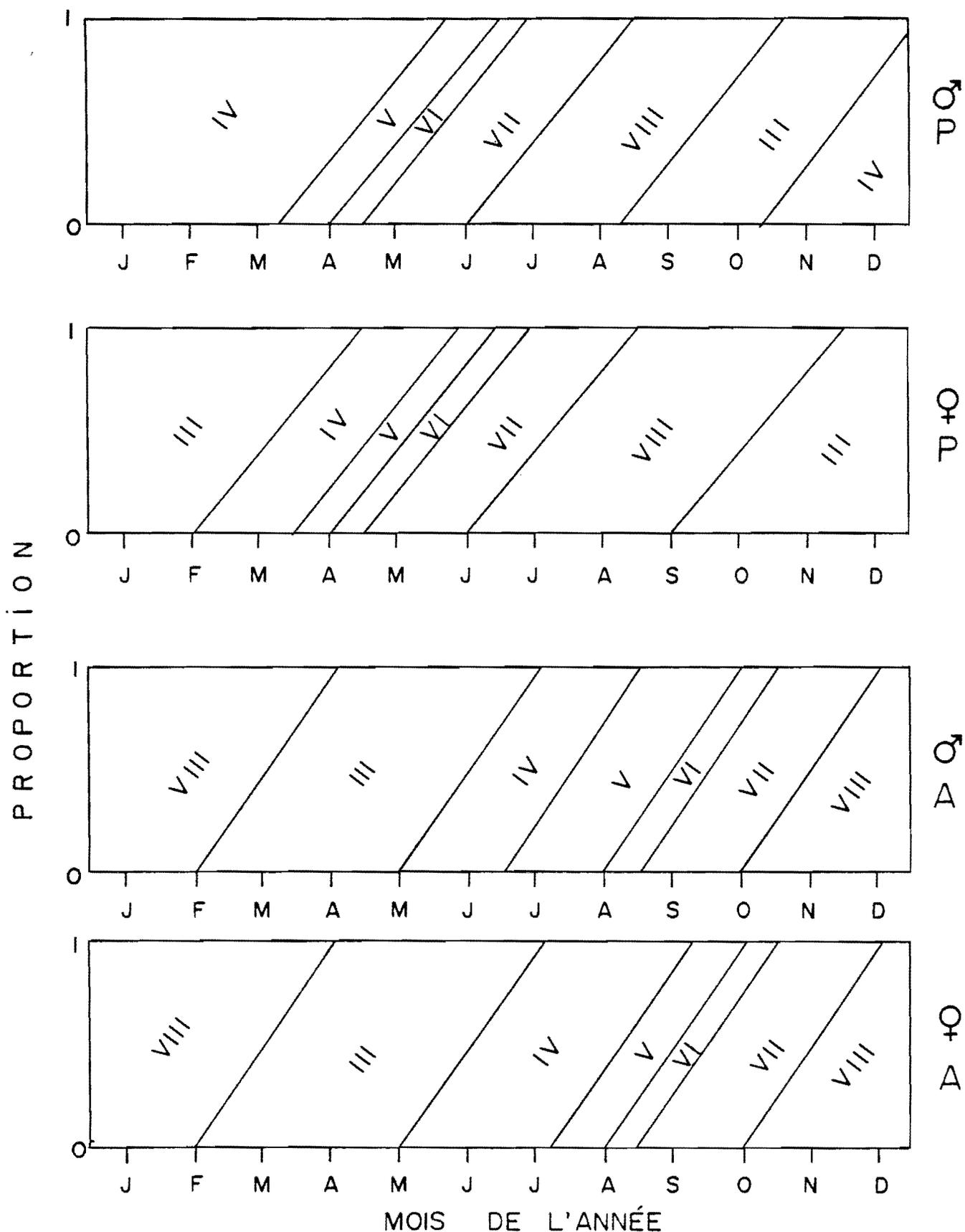


Figure 8. Calendrier proposé pour démontrer le cycle annuel de maturation sexuelle des deux stocks reproducteurs de hareng du golfe Saint-Laurent. (P: printemps, A: automne, IV: stade de maturité).