

Chronologie de la reproduction du doré noir du lac Saint-Pierre de 2005 à 2022

Rapport technique
Mai 2023



Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Téléphone : 418 521-3830

1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/reenseignements.asp

Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

Dépôt légal – 2023

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN xxx-x-xxx-xxxxx-x (imprimé)

ISBN 978-2-550-94700-4

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2023

Résumé

Le doré noir (*Sander canadensis*) est l'une des principales espèces exploitées dans le lac Saint-Pierre et son archipel, soit dans le tronçon du fleuve Saint-Laurent compris entre Sorel et Trois-Rivières. Trois sanctuaires de pêche ont été créés en 2009 afin de contribuer à la protection de la reproduction de cette espèce dans l'archipel du lac Saint-Pierre. Dans ces trois zones d'exceptions réglementaires de pêche sportive, l'ouverture de la pêche aux dorés est repoussée de deux ou trois semaines (selon les années) par rapport au reste du fleuve. Malgré cette mesure, des femelles gravides sont prélevées chaque printemps en dehors des secteurs protégés ou après l'ouverture de la pêche dans les sanctuaires. Afin de connaître la chronologie de la reproduction et les températures de l'eau en période de fraie, le stade de développement des gonades des dorés noirs femelles a été mesuré aux printemps 2014, 2021 et 2022. Les dorés ont été capturés à la pêche sportive en mai et en juin et leur stade de développement des gonades a été déterminé par pression abdominale et extrusion partielle des gamètes. Des modèles ont permis d'estimer l'évolution temporelle de la proportion de femelles ayant terminé leur reproduction en fonction de la température de l'eau mesurée quotidiennement à Sorel ainsi qu'en fonction des degrés-jours (DJ) cumulés depuis le 1^{er} mai. Ces modèles ont permis de déterminer la température et le nombre de degrés-jours (moyenne des trois années d'échantillonnage) prédisant le début (fraie terminée chez 25 % des femelles : 14,1 °C ou 259 DJ), le maximum (fraie terminée chez 50 % des femelles : 14,9 °C ou 315 DJ) et la fin (fraie terminée chez 75 % des femelles : 15,6 °C ou 371 DJ) de la fraie. Les seuils de degrés-jours ont ensuite été utilisés pour simuler annuellement les dates de reproduction du doré noir de 2005 à 2022, en utilisant la série de données historiques de température journalière de l'eau du fleuve enregistrées à la station de Sorel. De 2005 à 2022, la reproduction simulée du doré noir se serait déroulée durant six à neuf jours, du 23 mai au 6 juin. Ce résultat indique que, à l'ouverture de la pêche aux dorés dans le fleuve Saint-Laurent dans les zones 7 et 8, soit le deuxième vendredi de mai (8 au 14 mai, selon les années), la fraie du doré noir n'a pas débuté. À l'ouverture de la pêche dans les trois sanctuaires de l'archipel, soit le dernier vendredi de mai (25 au 31 mai, selon des années), la reproduction serait amorcée, mais pas terminée. Les résultats suggèrent que la date d'ouverture de la pêche dans les sanctuaires de l'archipel du lac Saint-Pierre mériterait d'être repoussée minimalement au 4 juin pour assurer une meilleure protection de la reproduction du doré noir à ces endroits. La présente étude milite aussi en faveur d'une réflexion sur la réglementation de la pêche sportive au doré noir accompagnée d'une mise à jour de l'état du stock de cette espèce dans le fleuve Saint-Laurent.

RÉFÉRENCE À CITER

PAQUIN, É. et P. BRODEUR (2023). *Chronologie de la reproduction du doré noir du lac Saint-Pierre de 2005 à 2022*, Direction de la gestion de la faune de la Mauricie et du Centre-du-Québec, ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, iv + 11 p. et annexes.

Table des matières

Résumé _____	iii
Table des matières _____	iv
Introduction _____	1
Méthodologie _____	3
Résultats _____	4
Température durant de la fraie _____	5
Chronologie de la fraie simulée de 2005 à 2022 _____	6
Discussion _____	8
Température durant la fraie _____	8
Chronologie de la fraie simulée de 2005 à 2022 _____	9
Conclusion _____	10
Remerciements _____	10
Références _____	11
Annexes _____	12

Introduction

Le doré noir (*Sander canadensis*) est un poisson d'intérêt sportif qui vit au Québec, notamment dans le fleuve Saint-Laurent. Il est l'une des espèces les plus recherchées dans la région du lac Saint-Pierre et de son archipel, avec le doré jaune (*Sander vitreus*) (Daigle et coll., 2005a et b). L'archipel du lac Saint-Pierre est reconnu comme un important secteur de concentration de reproducteurs en automne et au printemps, en vue de la reproduction qui se déroule en période printanière. La pêche sportive au doré noir en eau libre dans le lac Saint-Pierre cible ces rassemblements d'individus à l'automne et au printemps. L'espèce est aussi exploitée sous la glace en hiver (Daigle et coll., 2005a). La récolte hivernale de dorés en 2003 (dorés noir et jaune combinés : 6,7 t; Daigle et coll., 2005a) était quatre fois plus faible qu'en eau libre (29,4 t; Daigle et coll., 2005b). En eau libre, la récolte de dorés noirs était estimée à 17,2 t en 2003 et représentait 59 % de la récolte totale de dorés, toutes espèces confondues, pour cette saison de pêche (Daigle et coll., 2005b). La localisation précise des sites de reproduction du doré noir dans le lac Saint-Pierre et son archipel n'est pas encore connue, mais la capture en abondance de mâles matures et de femelles gravides au printemps dans le cadre de la pêche sportive confirme les activités de fraie de cette espèce dans le secteur.

La réglementation de la pêche sportive du Québec autorise la pêche aux deux espèces de dorés (jaune et noir) à partir du deuxième vendredi de mai dans le fleuve Saint-Laurent (zones 7 et 8; *Règlement de pêche du Québec* [2022]; tableau 1). La reproduction du doré noir se déroule après celle du doré jaune (Bozek et coll., 2011). Au moment de l'ouverture de la pêche dans le fleuve Saint-Laurent, la reproduction du doré jaune est généralement terminée, alors que celle du doré noir n'est probablement pas amorcée. D'après une enquête sur la pêche réalisée en 2003, environ 12 % de la récolte annuelle de dorés noirs en eau libre s'effectuait avant ou pendant sa période de reproduction, alors que 64 % de la récolte s'effectuait à l'automne (données tirées de Daigle et coll., 2005b). Afin de restreindre la pêche dans certaines zones de concentration de dorés noirs reproducteurs, trois sanctuaires de pêche visant spécialement la protection de la reproduction de cette espèce ont été créés dans l'archipel du lac Saint-Pierre en 2009 (figure 1). D'après l'enquête de 2003, 31 % de la récolte de dorés noirs effectuée au printemps provenait des trois secteurs où les sanctuaires ont été créés (données tirées de Daigle et coll., 2005b). Dans ces zones d'exceptions réglementaires, la pêche à toutes les espèces est interdite du 16 mars au jeudi veille du dernier vendredi de mai (tableau 1). Malgré la création de ces zones de protection, des pêcheurs s'inquiètent de la capture de dorés noirs femelles gravides ailleurs dans le lac Saint-Pierre et son archipel après l'ouverture de la pêche aux dorés dans le fleuve de même qu'après l'ouverture de la pêche dans les sanctuaires.

Ce projet avait pour objectif de documenter la chronologie de la reproduction du doré noir du lac Saint-Pierre et d'évaluer le niveau de protection des reproducteurs offert par la réglementation en vigueur pour la pêche. Puisque le déclenchement et la durée de la période de déposition des œufs chez les dorés sont influencés par la température de l'eau (Bozek et coll., 2011), des analyses ont été réalisées afin de mettre en relation l'évolution du développement des gonades des dorés noirs femelles et la température de l'eau aux printemps 2014, 2021 et 2022. Une analyse historique a également été réalisée afin de simuler, annuellement, la période de fraie de cette espèce au lac Saint-Pierre de 2005 à 2022.

Tableau 1. Réglementation pour la pêche sportive aux dorés (jaunes et noirs confondus) dans le fleuve Saint-Laurent et les trois sanctuaires de pêche de l'archipel du lac Saint-Pierre

Secteurs et zones de pêche	Période d'interdiction de pêche aux dorés au printemps	Date d'ouverture de la pêche au printemps	
		Dorés	Autres espèces
Fleuve Saint-Laurent, y compris le lac Saint-Pierre et son archipel (zone de pêche 7 et 8)	Du 1 ^{er} avril au jeudi veille du 2 ^e vendredi de mai	8 au 14 mai (selon les années)	1 ^{er} avril
Trois sanctuaires de pêche de l'archipel du lac Saint-Pierre (zone de pêche 7)	Du 16 mars au jeudi veille du dernier vendredi de mai	25 au 31 mai (selon les années)	25 au 31 mai (selon les années)



Figure 1. Localisation des trois sanctuaires de pêche (zones rouges) dans l'archipel du lac Saint-Pierre (zone de pêche 7; Aire faunique communautaire du lac Saint-Pierre). La pêche à toutes les espèces y est interdite du 16 mars au jeudi veille du dernier vendredi de mai.

Méthodologie

La présente étude a été réalisée dans le lac Saint-Pierre et son archipel, un élargissement du fleuve Saint-Laurent situé entre Sorel et Trois-Rivières. L'évolution journalière du développement des gonades des dorés noirs femelles a été suivie aux printemps 2014, 2021 et 2022, soit du 10 mai au 10 juin. Les poissons ont été capturés à la pêche sportive, principalement dans la masse d'eau centrale du fleuve, par des guides de pêche et leurs clients, en collaboration avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Les secteurs et les périodes de pêche ciblaient les rassemblements de dorés localisés par des guides de pêche expérimentés après l'ouverture de la pêche sportive à ces espèces. Les poissons ont été sexés et le stade de développement des gonades a été évalué par pression abdominale et extrusion partielle des gamètes, selon la charte de Nikolsky (1963) (4 = aucune ou très peu d'expulsion d'œufs lors des pressions, 5 = expulsion d'œufs lors des pressions, 6 = épuisement des œufs — post reproduction). La température de l'eau a été mesurée durant les pêches à l'aide du thermomètre de l'échosondeur des bateaux de pêche. Ces mesures de température ont été comparées à celles enregistrées à la station de thermographe de Sorel, située en bordure du chenal de navigation (bouée S139; 46,0627 –73,0504; données disponibles de 2005 à 2022). Les données diffusées publiquement pour ce thermographe correspondent à des températures moyennes journalières ($\pm 0,25$ °C) mesurées à une profondeur d'environ 1,25 m sous la surface de l'eau. Ce thermographe est installé annuellement par la Garde côtière canadienne après la débâcle du fleuve. Aucune donnée n'est disponible avant le 1^{er} mai et l'appareil n'a pas été installé en 2019. Les proportions journalières de femelles ayant atteint le stade 6 ont été mises en relation avec les températures mesurées par la Garde côtière dans le but d'estimer annuellement les températures et le nombre de degrés-jours (DJ) prédisant le début (25 % des femelles ayant atteint le stade 6), le maximum (50 % des femelles ayant atteint le stade 6) et la fin de la période de fraie (75 % des femelles ayant atteint le stade 6). Les critères de 25 % et de 75 % ont été utilisés afin d'obtenir une évaluation prudente de la durée de la période de reproduction. Les relations entre les proportions de femelles ayant atteint le stade 6 et la température de l'eau ont été estimées en utilisant, dans un premier temps, les températures journalières moyennes et, dans un deuxième temps, le nombre de degrés-jours cumulés à partir du 1^{er} mai. Afin de modéliser la proportion de femelles ayant atteint le stade 6 pour chacune des trois années d'étude, six modèles linéaires généralisés basés sur une distribution binomiale ont été utilisés (logiciel R version 4.2.1; fonction « glm, family = binomial »; R Core Team, 2022), soit trois basés sur les températures et trois, sur les degrés-jours. Des tests ont été effectués afin de confirmer l'ajustement des modèles aux données. Le pouvoir de discrimination, soit la capacité des modèles à différencier les femelles ayant atteint le stade 6 des autres, a été évalué selon l'approche *Receiver Operator Characteristic Analysis* (ROC; fonction « roc » de la librairie « pROC »; Robin et coll., 2011). La calibration des modèles, soit le pouvoir de prédire les données observées, a été évaluée par le pseudo- R^2 de McKelvey-Zavoïna (fonction « PseudoR2 » de la librairie « DescTools »; Signorell, 2023). Les proportions de femelles ayant atteint le stade 6 ont ensuite été prédites pour tous les 0,1 °C, de 10 °C à 20 °C, et pour toutes les 10 unités de degrés-jours, de 150 à 600 (fonction « predict » de la librairie « FSA »; Ogle et coll., 2022). Finalement, les valeurs moyennes de température et de degrés-jours des trois années d'échantillonnage (moyenne des valeurs prédites des trois modèles, soit celles de 2014, 2021 et 2022) prédisant le début, le maximum et la fin de la période de fraie ont été calculées. Les valeurs moyennes des degrés-jours modélisées ont ensuite été utilisées pour simuler la période de reproduction annuelle du doré noir de 2005 à 2022. Contrairement à la moyenne journalière de la température de l'eau, qui oscille d'une journée à l'autre, le nombre de degrés-jours augmente tout au long de la période considérée. Cette particularité facilite la détermination des seuils thermiques marquant le début, le maximum et la fin de la période de reproduction.

Résultats

Température de l'eau

En 2014 et 2021, la température de l'eau mesurée ponctuellement sur le terrain durant les pêches était généralement plus élevée que les moyennes journalières enregistrées à la station de la Garde côtière à Sorel, mais les profils de réchauffement étaient similaires (annexe 1). En 2022, le thermographe de la Garde côtière a enregistré une baisse de température du 17 au 20 mai, qui ne s'est pas reflété dans les mesures de température prises sur le terrain (annexe 1). Durant cette période, en raison de la diminution de la récolte de dorés noirs dans les secteurs normalement exploités, les guides de pêche se sont déplacés dans une masse d'eau plus chaude de l'archipel du lac Saint-Pierre. Puisque les données de température au lieu de pêche n'étaient pas représentatives de celles mesurées dans le chenal principal du fleuve à Sorel, les données des femelles récoltées les 18, 19 et 20 mai 2022 ont été retirées des analyses. Le reste des données de température de la station de Sorel étaient semblables à celles prises sur le terrain en 2022 et ont été utilisées pour la modélisation (annexe 1).

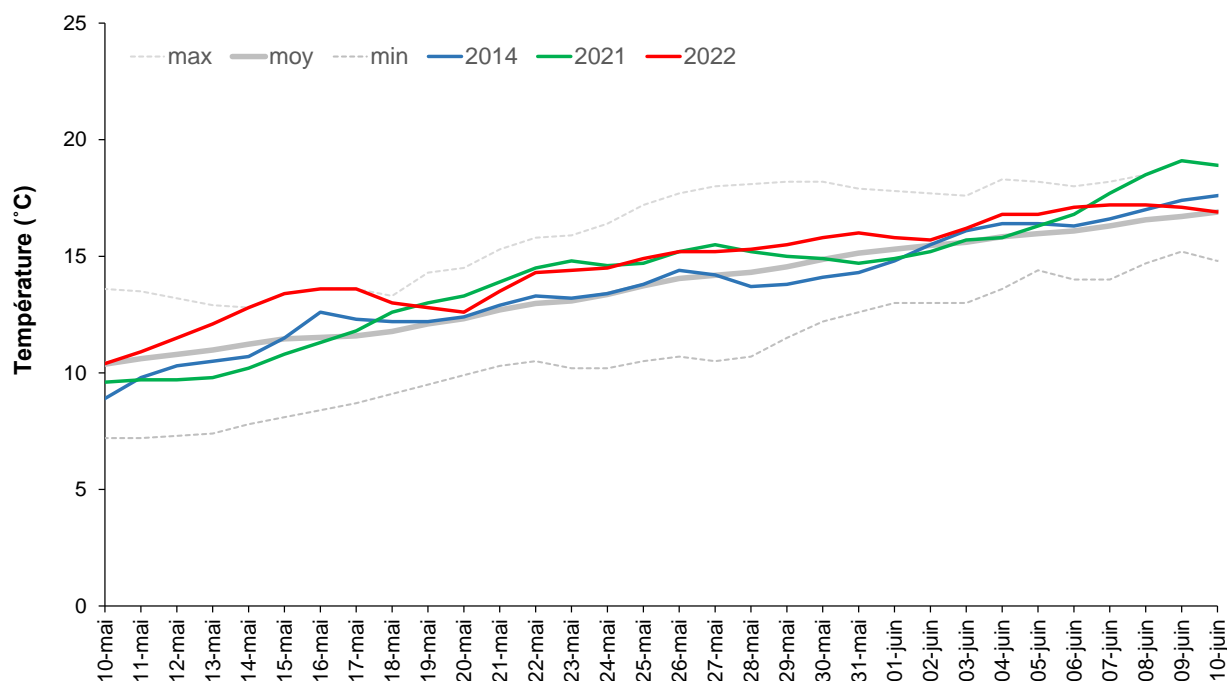


Figure 2. Température moyenne journalière mesurée du 10 mai au 10 juin à la station de Sorel pour la période 2005-2022 (moyenne, minimum et maximum journaliers présentés en gris) et durant les trois années d'échantillonnage (2014, 2021 et 2022, présentés respectivement en bleu, en vert et en rouge)

Les températures de l'eau mesurées du 10 mai au 10 juin 2014, 2021 et 2022 représentent trois profils de réchauffement différents (figure 2). En général, les températures des trois années d'échantillonnage étaient semblables ou plus chaudes que la moyenne des températures mesurées à Sorel de 2005 à 2022 (figure 2). Deux écarts notables relatifs à des valeurs élevées ont toutefois été observés du 14 au 17 mai 2022 et du 8 au 10 juin 2021 (figure 2). Durant ces deux périodes, la température a atteint les valeurs maximales historiques enregistrées depuis 2005. Aucune année d'échantillonnage n'est caractérisée par des températures extrêmement froides (figure 2).

Température durant de la fraie

En 2014, le stade de développement des gonades de 177 dorés noirs femelles a été noté du 10 mai au 7 juin, à des températures mesurées à Sorel variant de 9,3 °C à 16,8 °C (annexe 2). En 2021, 74 femelles ont été examinées du 14 au 30 mai, à des températures variant de 11,3 °C à 15,6 °C (annexe 2). En 2022, 196 femelles ont été échantillonnées du 13 mai au 9 juin, à des températures variant de 12,5 °C à 17,2 °C (annexe 2). Les 35 femelles capturées les 18, 19 et 20 mai 2022 ont été retirées des analyses en raison du décalage des températures mesurées au lieu de pêche et à la station de Sorel, pouvant influencer à la hausse la probabilité de capturer des femelles ayant frayé (annexes 1 et 2). Les modèles permettant de prédire la proportion de femelles ayant atteint le stade 6 en fonction de la température de l'eau mesurée à la station de Sorel et des degrés-jours sont présentés à l'annexe 3. L'aire sous la courbe (ASC) (*area under the curve* [AUC]) de la fonction « auc » des modèles pour 2014 et 2021 était située au-dessus de 0,9, ce qui indique des modèles ayant une excellente discrimination, alors que les modèles de 2022 montraient des valeurs d'ASC de 0,72, soit de niveau acceptable (ASC — température : 0,92, 0,93 et 0,72; AUC — degrés-jours : 0,92, 0,92 et 0,72, en 2014, 2021 et 2022, respectivement). Pour chaque année, les modèles basés sur la température et les degrés-jours affichaient des valeurs comparables d'ASC et donc des niveaux de discrimination équivalents. En ce qui concerne la calibration des modèles, les PseudoR² de McKenley-Zavoina étaient de 87 % (température) et de 67 % (degrés-jours) pour 2014, de 69 % et de 66 % pour 2021 et, finalement, de 22 % et de 21 % pour 2022. Comme l'indiquent ces PseudoR² et l'étendue des intervalles de confiance des modèles de 2022 (tableau 2), ceux-ci s'ajustaient moins bien aux données observées que ceux provenant des deux autres années d'échantillonnage. Selon les prédictions des modèles, le début de la fraie (25 % des femelles ayant atteint le stade 6) s'est déroulé à 13,5 °C ou 255 DJ en 2014, 13,9 °C ou 232 DJ en 2021 et 14,9 °C ou 290 DJ en 2022 (tableau 1). Les valeurs moyennes des trois années d'échantillonnage prédisent un début de la fraie à 14,1 °C ou 259 DJ (minimum et maximum : 13,2-15,6 °C ou 201-347 DJ; tableau 2). Le maximum de fraie (50 % des femelles ayant atteint le stade 6) s'est déroulé à 14,0 °C ou 296 DJ en 2014, 14,6 °C ou 262 DJ en 2021 et 16,1 °C ou 387 DJ en 2022. Les valeurs moyennes des trois années d'échantillonnage prédisent un maximum de fraie à 14,9 °C ou 315 DJ (minimum et maximum : 13,7-17,8 °C et 240-514 DJ). La fin de la fraie (75 % des femelles ayant atteint le stade 6) est associée à une température de 14,4 °C ou 338 DJ en 2014, 15,2 °C ou 292 DJ en 2021 et 17,3 °C ou 438 DJ en 2022. Les valeurs moyennes des trois années d'échantillonnage prédisent une fin de la fraie à 15,6 °C ou 371 DJ (minimum et maximum : 14,1-20,0 °C et 270-693 DJ; tableau 2).

Tableau 2. Température de l'eau (moyennes journalières) et degrés-jours (cumulés à partir du 1^{er} mai) (avec intervalles de confiance IC; 95 %) prédisant le début, le maximum et la fin de la période de fraie du doré noir (25 %, 50 % et 75 % des femelles ayant atteint le stade 6, respectivement) en 2014, 2021 et 2022. La proportion des femelles ayant atteint le stade 6 a été modélisée à l'aide de modèles linéaires généralisés basés sur une distribution binomiale (annexe 3). Le nombre de dorés noirs femelles analysé par année (n) ainsi que les valeurs moyennes des prédictions des trois années d'échantillonnage, accompagnées des valeurs minimales et maximales, sont également présentées.

Température (°C)	2014	2021	2022	Moyenne des trois années (min-max)
Femelles avec gonades de stade 6 (%)	n = 177	n = 74	n = 161	
25 %	13,5 [13,2-13,7]	13,9 [12,9-14,3]	14,9 [14,4-15,6]	14,1 (13,2-15,6)
50 %	14,0 [13,7-14,3]	14,6 [14,0-15,1]	16,1 [15,4-17,8]	14,9 (13,7-17,8)
75 %	14,4 [14,1-15,0]	15,2 [14,7-16,2]	17,3 [16,3-20,0]	15,6 (14,1-20,0)

Degrés-jours (DJ)	2014	2021	2022	Moyenne des trois années (min-max)
Femelles avec gonades de stade 6 (%)	n = 177	n = 74	n = 161	
25 %	255 [233-274]	232 [201-253]	290 [250-347]	259 (201-347)
50 %	296 [277-320]	262 [240-288]	387 [334-514]	315 (240-514)
75 %	338 [314-374]	292 [270-333]	483 [404-693]	371 (270-693)

Chronologie de la fraie simulée de 2005 à 2022

L'analyse temporelle de la date simulée du début (259 DJ), du maximum (315 DJ) et de la fin (371 DJ) de la période de fraie de 2005 à 2022 est présentée dans la figure 3. La date simulée du début, du maximum et de la fin de la fraie a varié d'une année à l'autre (début : 23 au 29 mai; maximum : 26 mai au 2 juin; fin : 29 mai au 6 juin, selon les années), mais ne présente aucune tendance temporelle claire, à la hausse ou à la baisse, depuis 2005. La durée de la période de fraie (degrés-jours ≥ 259 et ≤ 371) a oscillé de 6 à 9 jours, pour une durée moyenne de 7,6 jours. En 2014, 2021 et 2022, les dates de fraie mesurées par modélisation (à l'aide des données de stade de développement des gonades femelles) et simulées (grâce aux critères moyens des trois années d'échantillonnage) se chevauchent, bien qu'elles soient légèrement décalées dans le temps. Le maximum de fraie simulé serait survenu un et trois jours plus tard comparativement aux valeurs modélisées en 2014 et 2021, respectivement. En 2022, le maximum de fraie simulé serait survenu cinq jours plus tôt que la valeur modélisée. La capture de femelles en voie de se reproduire (stade 5) ou ayant frayé (stade 6) vient confirmer l'occurrence d'activités de reproduction du doré noir pendant les périodes simulées en 2014, 2021 et 2022 (annexe 2).

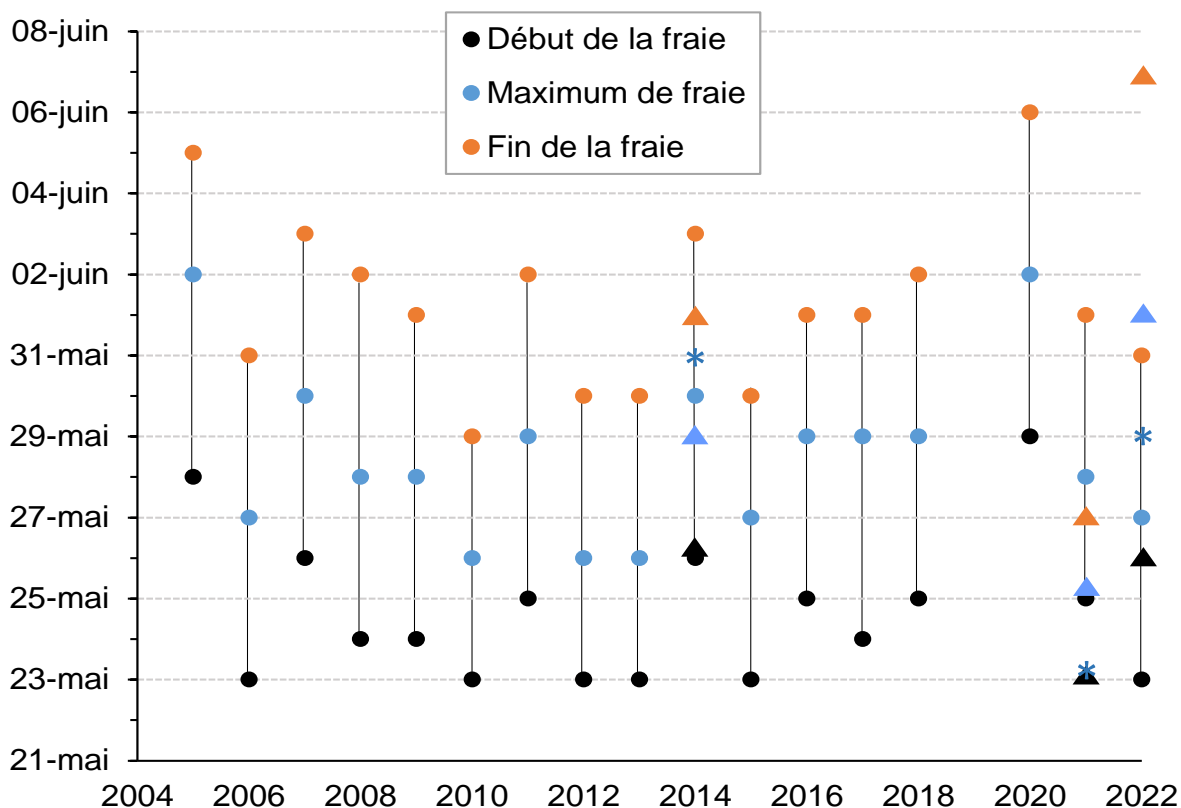


Figure 3. Période de fraie simulée de 2005 à 2022 en fonction des degrés-jours (cumulés à partir du 1^{er} mai) à la station de Sorel (aucune donnée de température en 2019). Les dates prédites du début (25 % des femelles ayant atteint le stade 6; degrés-jours ≥ 259), du maximum (50 % des femelles ont atteint le stade 6; degrés-jours ≥ 315) et de la fin de la fraie (75 % des femelles ont atteint le stade 6; degrés-jours ≥ 371) sont représentées. Les dates de début, du maximum et de la fin de la fraie provenant directement des modèles de 2014, 2021 et 2022 (annexe 3) sont représentées par des triangles. La date du maximum de fraie, tel qu'il est mesuré sur le terrain (50 % des femelles capturées ayant atteint le stade 6, annexe 2), est également représentée par un astérisque bleu. Pour chaque année, la longueur du trait noir est représentative de la durée de la période de fraie simulée

La proportion des années de 2005 à 2022 durant lesquelles 25 % (début de la fraie : degrés-jours ≥ 259), 50 % (maximum de fraie : degrés-jours ≥ 315) et 75 % (fin de la fraie : degrés-jours ≥ 371) des femelles auraient atteint le stade 6 de développement des gonades en fonction de la date est présentée dans la figure 4. De 2005 à 2022, le début, le maximum et la fin de la fraie auraient eu lieu une année sur deux le 24 mai, le 28 mai et le 1^{er} juin et trois années sur quatre le 27 mai, le 31 mai et le 4 juin. À la date la plus hâtive de l'ouverture de la pêche dans les sanctuaires de l'archipel du lac Saint-Pierre (25 mai), le maximum de fraie aurait été atteint trois années sur dix et la fin de la fraie une année sur dix. À la date la plus tardive de l'ouverture de la pêche dans les sanctuaires, soit le 31 mai, le maximum de fraie aurait été observé sept années sur dix et la fin de la fraie, quatre années sur dix.

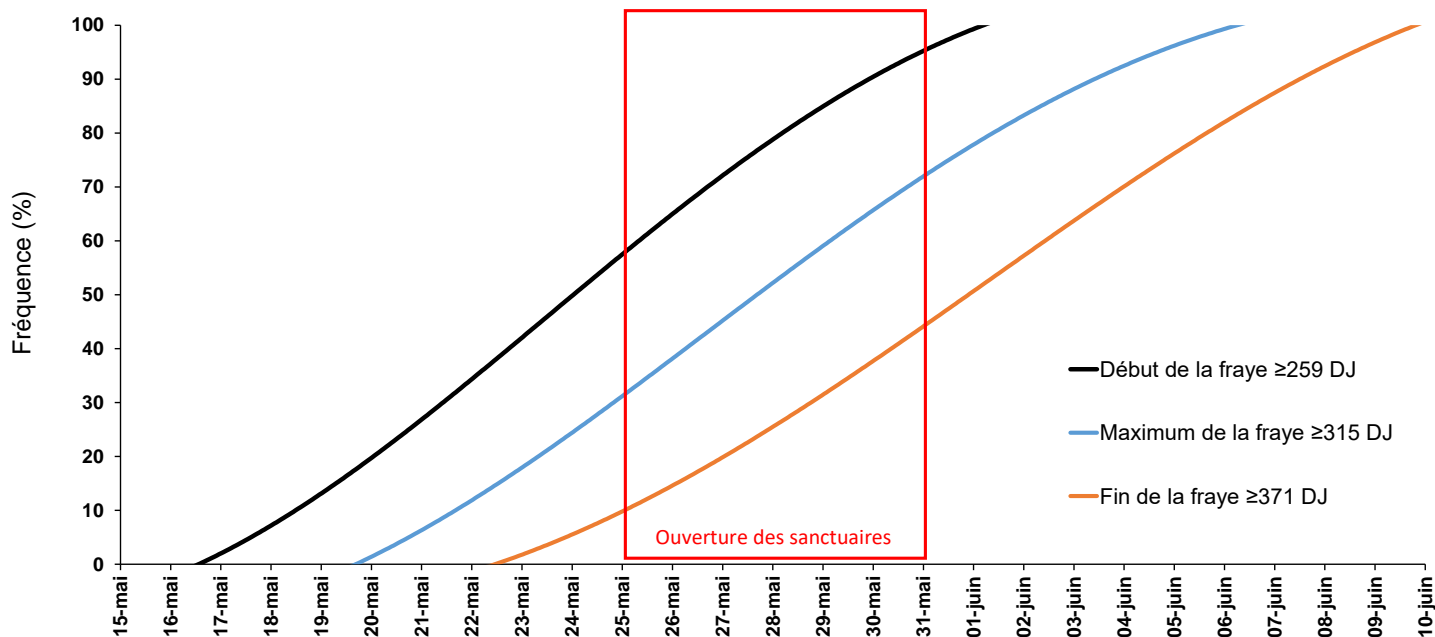


Figure 4. Fréquence relative exprimée en pourcentage (%) du nombre d'années de 2005 à 2022 (excluant 2019, courbe de tendance polynomiale) durant lesquelles les degrés-jours (cumulés à partir du 1^{er} mai) prédisent le début (≥ 259 DJ), le maximum (≥ 315 DJ) et la fin (≥ 371 DJ) de la période de fraie en fonction de la date. La plage de dates d'ouverture de la pêche dans les sanctuaires de l'archipel du lac Saint-Pierre, le 4^e vendredi de mai, est présentée par un rectangle rouge.

Discussion

Température durant la fraie

Selon les données recueillies en 2014, 2021 et 2022, la fraie du doré noir dans le lac Saint-Pierre se déroulerait lorsque la température varie de 14,1 °C à 15,6 °C (259-371 DJ). Ces valeurs correspondent à la portion supérieure de la plage de températures de fraie documentée pour cette espèce, soit de 2 °C à 15,6 °C (Bozek et coll., 2011). Ces températures se situent également au-dessus de la valeur optimale de 10,3 °C établie par Hasnain et coll. (2010) et de la plage de valeurs rapportées par Priegel et Gordon (1969) au lac Winnebago au Wisconsin (6 °C à 12 °C) ainsi que plusieurs autres auteurs (3,9 °C à 11,7 °C; synthèse présentée par Bozek et coll., 2011). L'évolution temporelle des captures de dorés noirs reproducteurs au stade 5 de maturité sur l'une des frayères de la rivière des Mille Îles en 2014 suggère que le maximum de fraie a eu lieu du 16 au 30 mai, à des températures de l'eau variant de 14 °C à 16 °C dans ce secteur (Hatin, 2015). Ces observations sont très cohérentes avec les plages de températures observées dans la présente étude. Le maximum de fraie du doré noir au lac Saint-Pierre modélisé (modélisation de la proportion de femelles ayant atteint le stade 6; 296 DJ) et simulé (moyenne des trois années d'étude; 315 DJ) dans le cadre de la présente étude aurait eu lieu le 29 et le 30 mai, respectivement, en 2014.

Il est reconnu que, dans des cas de populations sympatriques de dorés comme celle du lac Saint-Pierre, le doré noir fraie généralement après le doré jaune (Bozek et coll., 2011), ce qui pourrait contribuer à une fraie tardive. La fraie du doré jaune a été observée à des températures de 12 °C et plus dans des tributaires du fleuve Saint-Laurent (rivière Batiscan : Mailhot et Scrosati, 1983; MLCP, 1980; rivière Saint-François : BETO, 2012). L'échantillonnage de 2022, qui représente une année atypique de réchauffement de l'eau, peut aussi avoir contribué à des valeurs élevées de température de fraie. Après un réchauffement rapide de l'eau, correspondant à des valeurs maximales de température pour la période d'étude, un refroidissement rapide semble avoir interrompu la fraie, qui s'est ensuite échelonnée sur une plus longue période et à des températures plus élevées que ce qui avait été documenté en 2014 et 2021. Cela semble avoir diminué la force de prédiction des modèles de 2022 comme le montre leur faible ajustement statistique et les grands intervalles de confiance des valeurs prédites, particulièrement en ce qui concerne la fin de la fraie. Ce profil de réchauffement, comprenant une hausse rapide suivie d'un refroidissement, a été observé à trois reprises de 2005 à 2022 et représente donc l'un des scénarios de réchauffement qui caractérisent la dynamique thermique printanière du lac Saint-Pierre. De même, aucune année d'échantillonnage n'a été caractérisée par des températures printanières beaucoup plus froides que la moyenne. Afin de raffiner la modélisation des dates de fraie dans l'avenir, il serait pertinent de reproduire l'échantillonnage afin d'inclure une plus grande variabilité de profils de réchauffement printanier et de les prendre en compte dans les simulations. Des modèles mieux adaptés à ces profils de données devraient aussi être développés pour améliorer les analyses.

Chronologie de la fraie simulée de 2005 à 2022

Basée sur le nombre de degrés-jours cumulés à partir du 1^{er} mai et telle qu'elle est définie dans l'étude, la reproduction du doré noir de 2005 à 2022 se serait déroulée, selon les années, durant six à neuf jours échelonnés du 23 mai au 6 juin. La date du début, du maximum et de la fin de la fraie aurait varié entre les années, sans présenter de tendance temporelle précise. Malgré cette variation dans la chronologie de la fraie, la durée de la période de reproduction aurait été relativement stable. Au moment de l'ouverture de la pêche aux dorés dans le fleuve Saint-Laurent, soit du 8 au 14 mai selon les années, la fraie du doré noir n'aurait pas débuté. Les dorés noirs qui se reproduisent en dehors des sanctuaires de pêche feraient l'objet d'un prélèvement à la pêche sportive durant l'ensemble de leur période de reproduction ainsi que durant une partie de leurs rassemblements précédant la fraie. La protection offerte aux reproducteurs qui fréquentent les sanctuaires de l'archipel du lac Saint-Pierre ne serait que partielle. Selon la date d'ouverture de la pêche le 4^e vendredi de mai (25 au 31 mai), les sanctuaires permettraient de protéger les reproducteurs jusqu'au maximum de fraie (50 % des femelles ayant atteint le stade 6; 315 DJ) durant 30 % à 60 % des années (trois à six années sur 10) et protégeraient l'entièreté de la période de reproduction (75 % des femelles ayant atteint le stade 6; 371 DJ) dans 10 % à 40 % des cas seulement (une à quatre années sur 10). Afin d'assurer la protection de la reproduction jusqu'au maximum de fraie, dans 75 % des cas, la date d'ouverture de la pêche devrait être retardée au 31 mai ou, minimalement, au 4 juin pour englober la majorité de la période de reproduction du doré noir. Il importe toutefois de rappeler que, d'après l'enquête sur la pêche réalisée en 2003, 69 % de la récolte de dorés noirs effectuée avant la fraie provenait de l'extérieur des trois secteurs où les sanctuaires ont été créés (données tirées de Daigle et coll., 2005b). Une réflexion quant aux modalités de pêche à l'extérieur des sanctuaires s'avère également nécessaire.

Conclusion

La présente étude visait à simuler la chronologie de la reproduction du doré noir du lac Saint-Pierre. La période de fraie mesurée par le suivi temporel du développement des gonades de dorés noirs femelles aux printemps 2014, 2021 et 2022 suggère que la réglementation actuelle ne garantit aucune protection de la reproduction des dorés noirs dans le lac Saint-Pierre, en dehors des trois sanctuaires de l'archipel. L'entièreté de la fraie se déroule après l'ouverture de la pêche sportive à cette espèce dans le fleuve Saint-Laurent. Les données recueillies révèlent que l'interdiction de pêche avant le dernier vendredi de mai dans les sanctuaires ne remplit que partiellement l'objectif de protéger la reproduction du doré noir. La date d'ouverture de la pêche dans ces zones de protection devrait être repoussée minimalement au 4 juin pour assurer la protection de la majorité de la fraie du doré noir. À la lumière de ces renseignements, une réflexion sur la réglementation de pêche au doré noir dans le fleuve Saint-Laurent s'impose, y compris une mise à jour de l'état du stock de dorés noirs dans le lac Saint-Pierre. Les autres secteurs de pêche du fleuve devraient aussi être étudiés afin d'obtenir une évaluation générale de la situation et de proposer une réglementation uniforme et adaptée. Cette réflexion devrait aussi prendre en compte la sensibilité du doré noir à la remise à l'eau causée par le barotraumatisme chez les spécimens capturés en eaux profondes dans le fleuve Saint-Laurent (Larouche et coll., 2019).

Remerciements

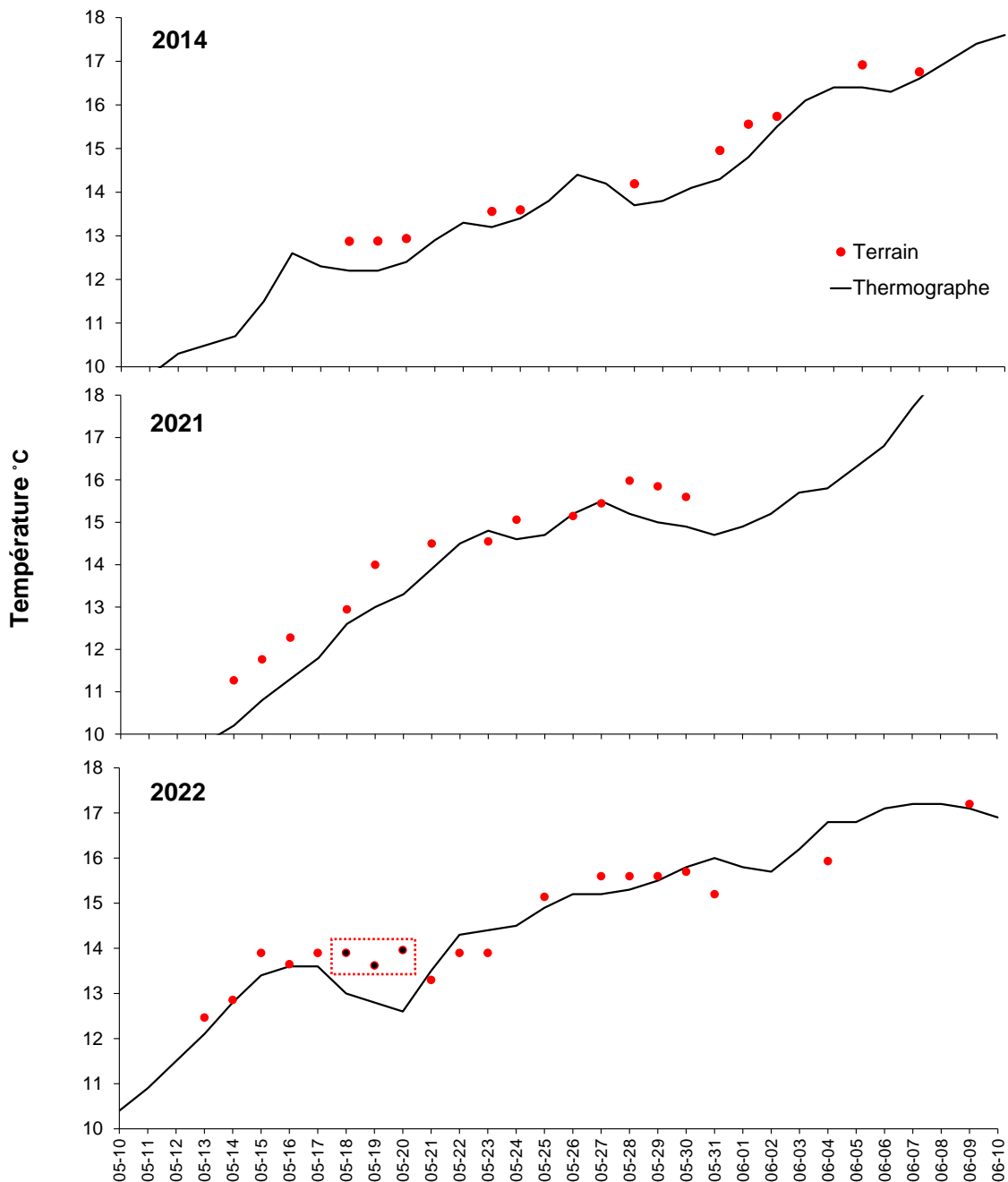
Nous souhaitons remercier Alec Delage, Pier-Olivier Leblanc ainsi que leurs clients pêcheurs d'avoir contribué à la collecte des données sur le terrain. Nous tenons également à remercier Marc Pépino pour ses conseils à propos des analyses de la présente étude ainsi que Tristan Couture pour la mise en forme de la matrice de données. Les auteurs tiennent finalement à remercier Yves Paradis et Geneviève Cauchon-Ouellette pour leurs commentaires, qui ont permis de bonifier ce rapport.

Références

- BETO (2012). *Restauration de l'esturgeon jaune dans le bassin inférieur de la rivière Saint-François*, Bureau environnement et terre d'Odanak, 55 p. et annexe.
- BOZEK, M. A., T. J. HAXTON et J. K. RAABE (2011). *Biology, management, and culture of walleye and sauger*, Chapter 5: "Walleye and sauger habitat", American Fisheries Society, p. 133 à 197.
- DAIGLE, G., E. RENY-NOLIN, L.-P. RIVEST, Y. MAILHOT et M. LEGAULT (2005a). *Rapport I : La pêche sportive au lac Saint-Pierre en 2003. Pêche sur la glace : effort de pêche, succès et récolte des principales espèces de poissons*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de la recherche sur la faune, Université Laval, Service des consultations statistiques.
- DAIGLE, G., E. RENY-NOLIN, L.-P. RIVEST, Y. MAILHOT, M. LEGAULT et B. BÉLANGER (2005b). *Rapport II : La pêche sportive au lac Saint-Pierre. 2003. Pêche en eau libre : Effort de pêche, succès et récolte des principales espèces de poissons*, ministère des Ressources naturelles de la Faune, Direction de la recherche sur la faune, Québec.
- HASNAIN, S. S., C. K. MINNS et B. J. SHUTER (2010). *Key ecological temperature metrics for Canadian freshwater fishes*, Ontario Ministry of Natural Resources, Applied Research and Development Branch, Climate Change Research Report CCCRR-17, Peterborough.
- HATIN, D. (2015). *Suivi de la reproduction des poissons au printemps 2014 sur la frayère aménagée à l'amont du barrage du Grand Moulin dans la rivière des Mille Îles*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval. Longueuil, Rapp. Tech., 36 p.
- LAROUCHE, M., Y. PARADIS, D. HATIN, P. BRODEUR et P. SIROIS (2019). *Barotraumatisme chez les poissons d'eau douce et impact de la perforation de la vessie natatoire pour en réduire les effets*, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, 40 p. et 3 annexes.
- MAILHOT, Y. et J. SCROSATI (1983). *Graphique fraye du doré jaune — rivière Batiscan, utilisation annuelle du secteur du sanctuaire de pêche de la rivière Batiscan par les poissons pour la reproduction*, conférence présentée au 51^e Congrès de l'ACFAS à l'Université du Québec à Trois-Rivières.
- MLCP (1980). *Activité de reproduction des poissons dans le sanctuaire de pêche de la rivière Batiscan, en 1980, en fonction du temps et de la température de l'eau*, Direction régionale de Trois-Rivières, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, gouvernement du Québec.
- NIKOLSKY, G. V. (1963). *The ecology of fishes*, Academic Press, London and New York, 352 p.
- OGLE, D. H., J. C. DOLL, P. WHEELER and A. DINNO (2022). *FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.9.3* [<https://github.com/fishR-Core-Team/FSA>].
- PRIEGEL, G. R. (1969). *The lake Winnebago sauger: age, growth, reproduction, food habits and early life history*, Madison, Wisconsin, Wisconsin Department on Natural Resources, 63 p.
- R CORE TEAM (2022). *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROBIN, X., N. TURCK, A. HAINARD, N. TIBERTI, F. LISACEK, J. C. SANCHEZ et M. MÜLLER (2011). *pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves*, BMC Bioinformatics, 12, p. 77, DOI: 10.1186/1471-2105-12-77.
- SIGNORELL, A. (2023). *DescTools: Tools for Descriptive statistics, R package version 0.99.48* [<https://CRAN.R-project.org/package=DescTools>].

Annexes

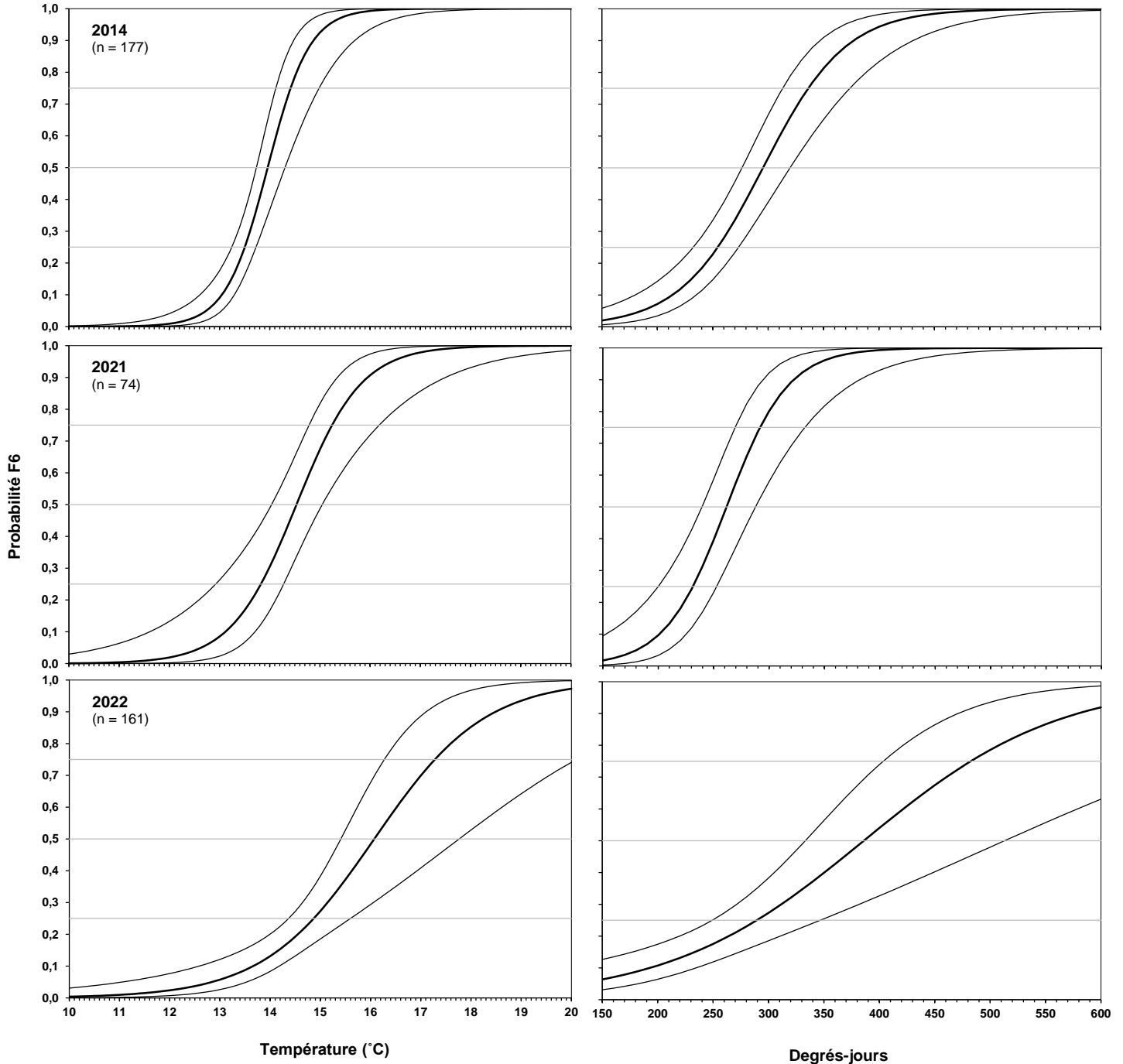
Annexe 1. Températures de l'eau mesurées ponctuellement durant les pêches (cercles rouges) et enregistrées à la station de Sorel par la Garde côtière canadienne (courbe noire; moyenne journalière) en 2014, 2021 et 2022. En 2022, les trois données encadrées en rouge représentent un écart important par rapport aux données mesurées à Sorel. Elles ont été retirées des analyses subséquentes, puisque les données de maturation des gonades mesurées durant ces trois jours n'étaient pas représentatives de la température de l'eau mesurée à la station de Sorel.



Annexe 2. Répartition des captures de dorés noirs femelles selon leur stade de développement des gonades (selon l'échelle de Nikolsky [1963]; 4 = mature et en voie de se reproduire, 5 = en reproduction, 6 = post reproduction), proportion des femelles ayant atteint le stade 6 (%) et température (°C) de l'eau mesurée sur le terrain par les sonars des bateaux ainsi que par le thermographe de Sorel (moyenne journalière) et degrés-jours (cumulés depuis le 1^{er} mai) durant les trois années d'échantillonnage (2014, 2021 et 2022). Les données en rouge ont été retirées des analyses.

Année	Date	Nombre de femelles par stade de développement des gonades			Pourcentage du stade 6 (%)	Température Sonars des bateaux (°C)	Température Thermographe de Sorel (°C)	Degrés-jours (DJ)
		4	5	6				
2014	10-mai	14	6		0	9,3	8,9	67
	11-mai	16	7		0	10,0	9,8	76
	18-mai	8			0	12,9	12,2	156
	19-mai	24			0	12,9	12,2	169
	20-mai	11			0	12,9	12,4	181
	23-mai	10	11	7	25	13,6	13,2	220
	24-mai	11	4	4	21	13,6	13,4	234
	28-mai	7	6	3	19	14,2	13,7	290
	31-mai	2	2	7	64	15,0	14,3	332
	01-juin			4	100	15,6	14,8	347
	02-juin			10	100	15,7	15,5	362
	05-juin			2	100	16,9	16,4	411
	07-juin			1	100	16,8	16,6	444
	14-mai	6	1		0	11,3	10,2	125
15-mai	1	1	1	33	11,8	10,8	136	
16-mai	10			0	12,3	11,3	147	
18-mai	12			0	12,9	12,6	172	
19-mai	8		1	11	14,0	13	185	
21-mai	3			0	14,5	13,9	212	
23-mai	1		3	75	14,6	14,8	241	
24-mai	4	4		0	15,1	14,6	256	
26-mai	1		1	50	15,2	15,2	286	
27-mai			4	100	15,5	15,5	301	
28-mai			6	100	16,1	15,2	316	
29-mai			4	100	15,9	15	331	
30-mai			2	100	15,6	14,9	346	
2021	13-mai	12		2	14	12,5	12,1	125
	14-mai	7			0	12,9	12,8	138
	15-mai	38		3	7	13,9	13,4	151
	16-mai	10			0	13,7	13,6	165
	17-mai	12	1	5	28	13,9	13,6	179
	18-mai	1		12	92	13,9	13	192
	19-mai	6		8	57	13,6	12,8	204
	20-mai	7		1	13	14,0	12,6	217
	21-mai	4	1		0	13,3	13,5	230
	22-mai	5			0	13,9	14,3	245
	23-mai	13		1	7	13,9	14,4	259
	25-mai	22	1	3	12	15,1	14,9	289
	27-mai	4		1	20	15,6	15,2	319
	28-mai	4		1	20	15,6	15,3	334
29-mai			3	100	15,6	15,5	350	
30-mai	1			0	15,7	15,8	366	
31-mai			3	100	15,2	16	382	
04-juin			3	100	15,9	16,8	446	
09-juin			1	100	17,2	17,1	531	

Annexe 3. Prédiction des modèles de probabilité qu'une femelle capturée soit de stade 6 en fonction de la température de l'eau à la station de thermographe de Sorel (moyenne journalière) et des degrés-jours (cumulés à partir du 1^{er} mai) pour les trois années d'échantillonnage (2014, 2021 et 2022). Les intervalles de confiance (IC; 95 %) sont présentés autour de la courbe représentant les valeurs prédites. Le nombre de dorés noirs femelles analysés (n) par année est aussi présenté. Les données de 2022 excluent le 18, 19 et 20 mai 2022. Des lignes horizontales grises indiquent les probabilités de 25 %, de 50 % et de 75 %.



**Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs**

Québec 