

## FRAI DU COREGONE (*COREGONUS LAVARETUS*) ET DE LA PERCHE (*PERCA FLUVIATILIS*) DANS LE LEMAN

## WHITEFISH (*COREGONUS LAVARETUS*) AND PERCH (*PERCA FLUVIATILIS*) SPAWNING IN LAKE GENEVA

### CAMPAGNE 2020

Chloé GOULON, Orlane ANNEVILLE et Jean GUILLARD

UMR CARTEL – INRAE - USMB THONON-LES-BAINS

*Aides techniques : plateau BE-PRECCI UMR CARTEL (INRAE – USMB)*

#### RÉSUMÉ

*Dans le cadre du développement d'indicateurs de l'impact du changement climatique, les phénologies de la reproduction de deux espèces de poisson, le corégone (*Coregonus lavaretus*) et la perche (*Perca fluviatilis*), sont suivies dans le Léman. Le suivi de la reproduction du corégone s'effectue avec des filets benthiques multimailles posés et relevés chaque semaine sur des sites de référence où les poissons frayent régulièrement. Ce suivi a débuté en 2015 et a lieu de fin novembre à début mars selon les années. Afin de suivre la reproduction de la perche, depuis 1984, des frayères artificielles sont installées chaque année sur un site de référence, à différentes profondeurs, à partir de début avril jusqu'à juin. Les variabilités inter-annuelles observées dans les dynamiques de frai étaient jusqu'à présent fortement liées aux fluctuations de la température de l'eau. Cependant, depuis l'hiver 2018-2019 pour le corégone, les données recueillies ne sont plus suffisantes pour mettre en évidence des liens avec les températures. L'échantillonnage n'est plus adapté à l'effectif actuel réduit de la population de géniteurs et en 2019-2020 l'absence d'échantillonnage la dernière semaine de décembre, pour des raisons liées à la météorologie, induit un biais dans les résultats. A partir de 2018-2019, des méthodes alternatives d'échantillonnage pour obtenir des informations concernant la phénologie ont été testées et ont fait leur preuve. Elles seront présentées dans le rapport de la campagne de 2021. Le suivi de la reproduction de la perche a quant à lui été impacté par l'épidémie de COVID19 et le confinement qui s'en est suivi. Pour la perche, les données de températures, particulièrement douces, laissent supposer une précocité du frai en 2020.*

#### SUMMARY

*A monitoring of the spawning phenology of whitefish (*Coregonus lavaretus*) and perch (*Perca fluviatilis*) has been set up to assess the impact of climate change in Lake Geneva. The monitoring of the whitefish reproduction is carried out with multi-mesh benthic gillnets set in and out each week on areas where whitefish usually spawn. This monitoring started in 2015. It takes place from late November to early March depending on the year. In order to monitor the perch reproduction, artificial spawning substrates have been placed on a reference site at different depths from early April to June, since 1984. The spawning phenology for both species showed good relationships with water temperatures until winter 2017-2018 for the whitefish spawning survey. Afterward the relationship could not be properly investigated for whitefish. This is due to a sampling strategy that is no longer suitable to the current spawners density and during winter 2019-2020, due to the lack of data because of bad weather conditions that prevented sampling during a week of strong spawning activity. From 2018-2019, alternative sampling methods for phenology studies have been tested and proven to be successful. They will be presented in the 2021 survey report. Perch reproduction monitoring has been impacted by the COVID19 epidemic and the lockdown. The temperature data, particularly mild, suggest an early spawning in 2020.*

## 1. CONTEXTE ET OBJECTIF

Le changement climatique peut modifier la phénologie des organismes (Walther et al. 2002). Le régime thermique est en effet le principal facteur permettant le déclenchement du frai des poissons lacustres (Gillet, 1989). Chez certaines populations de poisson du Léman, dont le cycle de reproduction est physiologiquement piloté par la température de l'eau, de telles modifications ont déjà été observées pour le gardon (*Rutilus rutilus*) et pour la perche (*Perca fluviatilis*) (Gillet and Dubois 1995, 2007; Gillet and Quélin 2006; Concastie et al. 2019). Le déclenchement du frai de la perche et du gardon a lieu au printemps et nécessite une hausse de la température de l'eau (>10 °C). A l'inverse, le corégone (*Coregonus lavaretus*) et l'omble (*Salvelinus alpinus*) fraient à la fin de l'automne et au début de l'hiver lorsque les températures descendent en dessous d'une valeur seuil (7-8°C environ pour les deux espèces). Avec le changement climatique, ces valeurs seuils devraient être atteintes plus précocement pour les espèces « d'eau chaude » (perche et gardon) et plus tardivement pour les espèces « d'eau froide » (corégone et omble), modifiant ainsi les dates de frai pour ces espèces.

L'objectif est de réaliser un suivi sur le long terme de la phénologie du frai du corégone et de la perche dans le Léman. Plus précisément, il s'agit : 1- d'estimer la date du début/de la fin du frai, son apogée et de préciser le lien avec la température, 2- de caractériser les géniteurs présents sur les sites de frai (taille, âge).

Pour le corégone, les opérations tests consistant à capturer les géniteurs, menées en 2015-2016 ont permis de confirmer l'intérêt de l'étude et sa faisabilité. Au cours de la période 2016-2019 diverses adaptations de protocole (type de filets, profondeur de pose) ont eu lieu afin d'augmenter les effectifs et d'étudier plus finement la phénologie. Cependant malgré les adaptations effectuées, les effectifs capturés sont faibles, en particulier depuis 2017-2018, en lien avec la baisse constatée du stock de géniteurs de corégone. Des méthodes alternatives sont testées et se mettent progressivement en place afin d'étudier la phénologie de façon non invasive et de pallier au manque d'effectifs de poissons capturés (comptage visuel, ADN environnemental, caméra acoustique). Les premiers résultats seront présentés dans le rapport du suivi écologique qui concerne la campagne de 2021.

Afin de pouvoir suivre la phénologie de reproduction de la perche et d'étudier la population de géniteurs, des frayères artificielles sont mises en place chaque année en avril devant le port de l'UMR CARTELE- INRAE USMB, depuis 1984, suivant le protocole de Gillet et Dubois (2007). Des études antérieures ont montré que le nombre de rubans d'œufs déposés sur les frayères artificielles est un indicateur fiable du nombre de génitrices présentes dans la zone (Gillet et al. 2013). Cette méthode a l'avantage d'attirer de nombreuses femelles et facilite l'observation d'un grand nombre de rubans d'œufs. En 2020, le suivi de la reproduction a été fortement impacté par l'épidémie de COVID19 et par le confinement strict de ce printemps. D'ordinaire le suivi débute à partir de début ou mi-avril suivant les températures. La collecte des données n'a pu être possible qu'à partir de fin mai en 2020.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1) Corégone

Six filets benthiques (6 panneaux de 5 m de long et 2 m de haut de mailles 19.5 mm, 24 mm, 29 mm, 40 mm, 50 mm et 60 mm) ont été déployés à proximité du site de l'UMR CARTELE-INRAE, à raison de trois filets par profondeur à -4 et -8 m. En raison des faibles niveaux de captures observés dès 2017-2018, un nouveau site de suivi a été ajouté, situé au niveau de la plage de la Pinède à Thonon-les-Bains (Figure 1). Sur ce site, 4 filets benthiques de même type sont posés à environ 4 m de profondeur. La pose s'effectue avant la tombée de la nuit et la relève a lieu le matin, après le lever du jour. Pour cette saison, la première pose a eu lieu le 26/11/2019 et la dernière le 21/02/2020, après 3 relèves consécutives sans captures de poissons. Après chaque relève, les poissons sont mesurés, pesés, sexés et leur état de maturation est évalué. Leur âge est ensuite déterminé par scalimétrie. La profondeur de positionnement du filet et la maille dans laquelle les poissons ont été capturés sont notées. La température de surface est enregistrée avec un pas de temps horaire par une sonde disposée à 2 m sous la surface, dans le port de l'UMR CARTELE qui est connectée à une station météorologique automatisée (type CimeL 516i). Pour étudier plus finement les liens entre température et phénologie, une ligne avec des capteurs de température (type Tinytag ; TG-4100) disposés aux profondeurs de -4 et -8 m a été mise en place avant la saison de reproduction depuis l'hiver 2017-2018. Les températures à -4 et -8 m étant significativement corrélées ( $R^2=0.99$ ,  $p<0.05$ ), seules les données de température à -4 m ont été analysées.

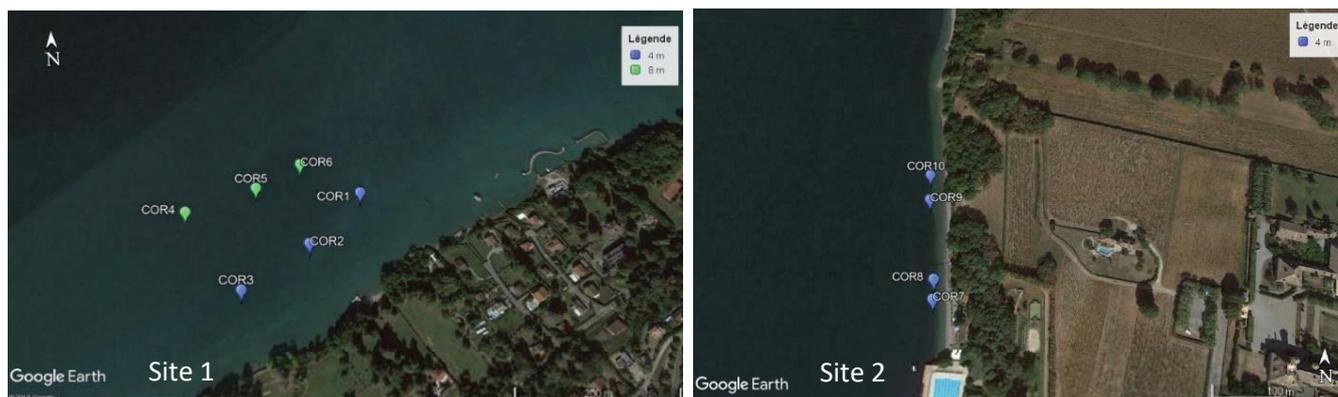


Figure 1 : Disposition théorique des filets à différentes profondeurs (-4 et -8 m) sur le site 1 (à proximité de l'UMR CARTEIL-INRAE) et sur le site 2 (Plage de la Pinède, Thonon-les-Bains).

Figure 1: Theoretical layout of the nets at different depths (-4 and -8 m) on site 1 (near UMR CARTEIL-INRAE) and site 2 (Pinède Beach, Thonon-les-Bains).

## 2) Perche

Afin de pouvoir suivre la phénologie de reproduction de la perche, des frayères artificielles sont mises en place chaque année en avril devant le port de l'UMR CARTEIL - INRAE, depuis 1984, suivant le protocole de Gillet et Dubois (2007) (Figure 2). Ces frayères sont constituées d'un cadre en PVC de 1 m de hauteur et 2 m de largeur, qui maintient un grillage dans lequel sont entrelacées des branches d'if commun (*Taxus baccata*). Les frayères sont stabilisées en position verticale par l'intermédiaire de flotteurs positionnés sur le haut et de poids sur le bas. A partir des années 1990, les frayères sont installées à 4 m, 8 m et 12 m de profondeur, où les perches ont l'habitude de se reproduire (Gillet and Dubois 1995). Une ligne avec des capteurs de température (type Tinytag ; TG-4100) est mise en place dans la zone des frayères pour enregistrer les températures à 4 m, 8 m et 12 m de profondeur. Les frayères sont relevées deux fois par semaine pour compter et mesurer les rubans d'œufs à chaque profondeur avant de les remettre à l'eau. Chaque femelle pond des œufs sous forme d'un ruban unique (Thorpe 1977) dont la longueur et la largeur sont proportionnelles à leur taille selon l'équation :  $LT = 24,210 (LR)^{0.589}$  avec LT : longueur de la femelle et LR : largeur du ruban en mm (Gillet et al. 1995; Dubois et al. 1996). La profondeur de la frayère est vérifiée avant et après chaque relève à l'aide d'un sondeur à main Plastimo ECHOTEST II.

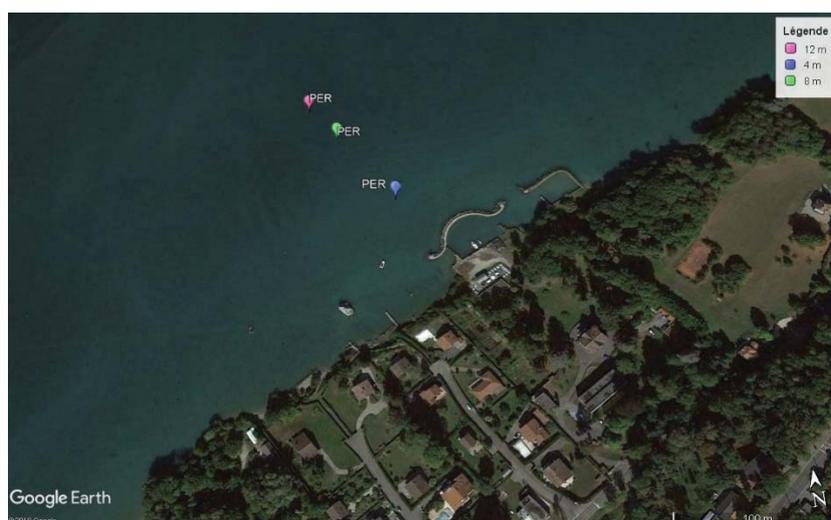


Figure 2 : Disposition théorique des frayères artificielles à différentes profondeurs (-4, -8 et -12 m) à proximité du port de l'UMR CARTEIL-INRAE.

Figure 2: Theoretical layout of the artificial spawners at different depths (-4, -8 and -12 m) near the UMR CARTEIL-INRAE port.

Pour les deux espèces, le début et la fin du frai sont estimés lorsque les seuils de 10 % et 90 % des effectifs observés (géniteurs ou rubans d'œufs) sont atteints.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 1) Corégone

Saison 2019-2020 et évolution de la structure en taille et en âge de la population

Un total de 22 individus a été capturé durant les opérations de 2019-2020. 60 % des captures ont été faites sur le site de la Pinède (site 2). La pose n'a pas pu être effectuée la dernière semaine de décembre en raison de conditions météorologiques défavorables.

Le 10 décembre (environ 10 % de captures totales), la période de reproduction avait débuté. La date correspondant à 50 % des géniteurs collectés se situerait entre le 2 et le 6 janvier 2020, le 6 janvier 2020 correspond à la date où l'effectif maximal est observé avec 13 individus (Figure 3).

Les captures ont permis la prise d'une seule femelle. Le pourcentage de mâles est donc plus élevé que ce qui est observé dans la littérature (Champigneulle et al. 1983) et les années précédentes. La taille moyenne de l'ensemble des individus capturés est de 426 mm. On compte 60 % d'individus se reproduisant pour la première fois, âgés de 1 an, les individus de 2 ans représentent un pourcentage de 23 % et la part restante est représentée par des individus âgés de 3 ans. Depuis le début des échantillonnages en 2015, la structure en âge obtenue sur l'ensemble de la saison a fortement évolué avec la part représentée par les plus jeunes individus qui devient de plus en plus importante (Figure 4). Sur la période considérée, aucune tendance n'a été observée concernant la taille (Figure 5).

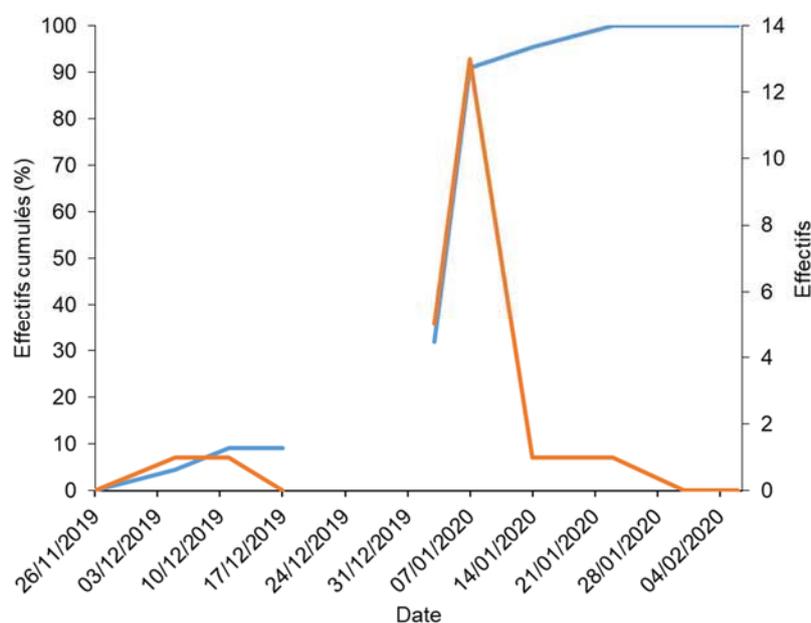


Figure 3 : Effectifs bruts (en orange) et cumulés (en bleu, exprimés en pourcentage) de corégones capturés au cours de la saison de reproduction 2019-2020.

Figure 3: Raw (in orange) and cumulated (in bleu, expressed as percentages) numbers of whitefish captured during the 2019–2020 reproduction season.

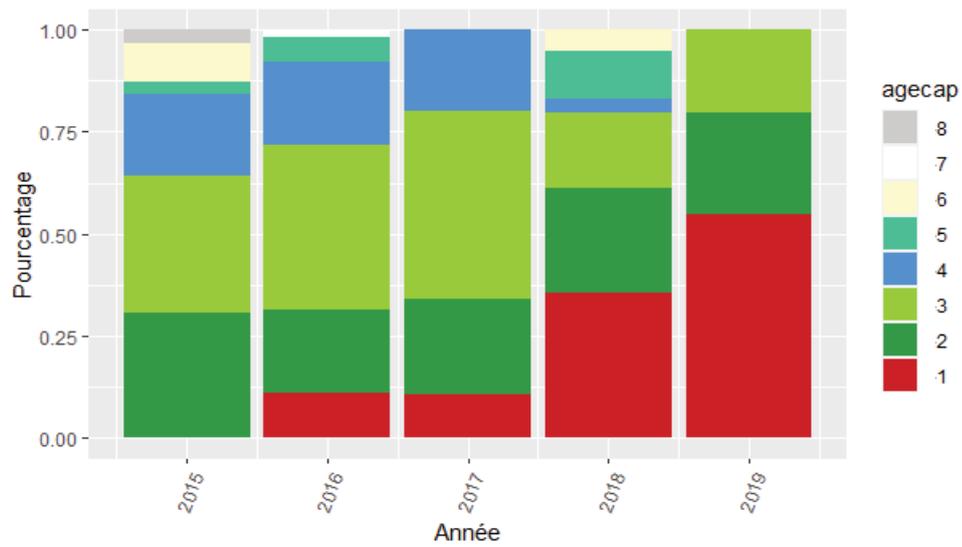


Figure 4 : Répartition en classe d'âge des corégones capturés par les filets maillants

Figure 4: Distribution in age classes of whitefish captured in gillnets

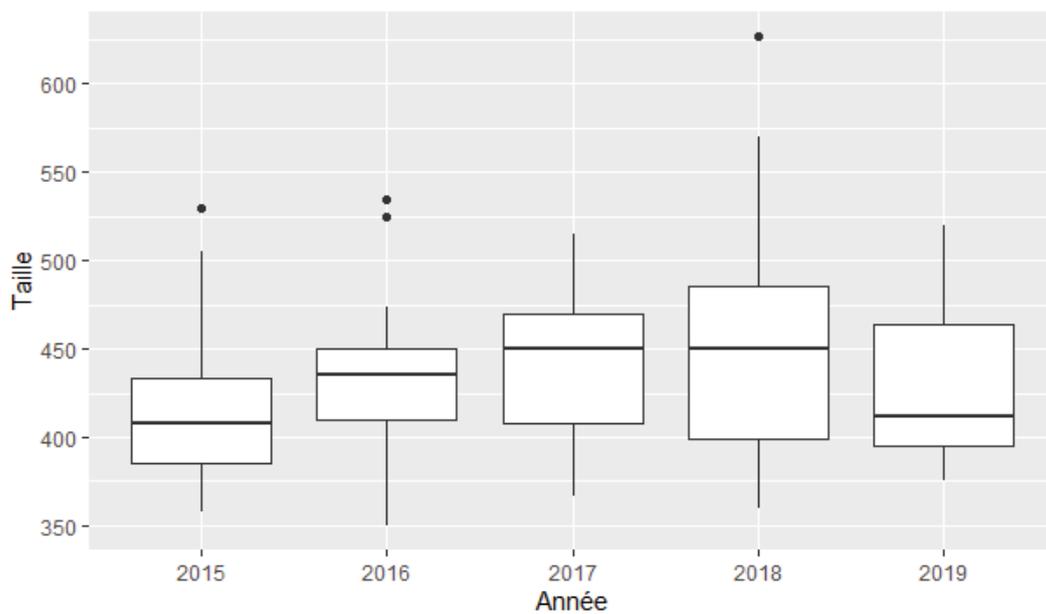


Figure 5 : Evolution de la taille (mm) des poissons capturés

Figure 5: Changes in size (mm) of fish captured

Au cours de la saison de pêche 2019-2020, en termes de captures accessoires, seule une truite a été capturée.

### Comparaison interannuelle de la phénologie

En sélectionnant les profondeurs de pose de -4 et -8 m et les captures effectuées sur le site de l'UMR CARTELE, afin de rendre les données comparables, on constate que les effectifs en 2019-2020 sont, avec ceux de l'année précédente, les plus faibles depuis le début du suivi (58 en 2016-2017, 23 en 2017-2018, 8 en 2018-2019, 9 en 2019-2020). Ces effectifs sont faibles comme les effectifs actuels de la population de corégones, comme l'indiquent les données halieutiques et l'utilisation de protocole similaire sur d'autres lacs (données : commission consultative de la pêche; Goulon and Guillard 2021).

Les données obtenues dans le cadre du suivi de la phénologie, exprimées en effectifs cumulés sur l'ensemble des données, ont été comparées pour les cinq dernières années (Figure 6). D'après les données analysées, la saison de reproduction serait parmi les plus tardives avec une dynamique proche de celles de 2015-2016 (reproduction la plus tardive) et de 2016-2017. La dynamique constatée est biaisée en raison du faible nombre d'individus échantillonnés et de l'absence de pose la dernière semaine de décembre. Le pic aurait probablement eu lieu la semaine où l'échantillonnage a été absent si on considère les données de pêche exceptionnelles, à des fins d'alevinage sur les sites de Thonon-Anthy qui ont fait l'objet de tendues les semaines du 16 décembre, 26 décembre et du 6 janvier (données : APERA).

Le seuil des 50 % n'est pas représentatif pour la saison 2019-2020 étant donné la quantité de captures très faible. Comme pour la saison précédente, la dynamique constatée est biaisée en raison du faible nombre d'individus échantillonnés et de l'absence de pose la dernière semaine de décembre. L'apogée aurait eu lieu pour une température d'environ 8°C (température du port) ce qui est plus élevé que les années pour lesquelles l'effectif de poissons était suffisant pour estimer le pic de reproduction ( $7 \pm 0.4^\circ\text{C}$ ), de  $8.8^\circ\text{C}$  à -4 m mesurée à proximité du site 1 de pose des filets. Les données des températures en sub-surface obtenues en novembre et décembre au point SHL2 confirment que les automnes-hivers 2018-2019 et 2019-2020 étaient chauds, impliquant probablement un démarrage de la reproduction tardif. Les automnes-hivers 2016-2017 et 2017-2018 sont quant à eux plus froids et correspondent à un démarrage plus précoce.

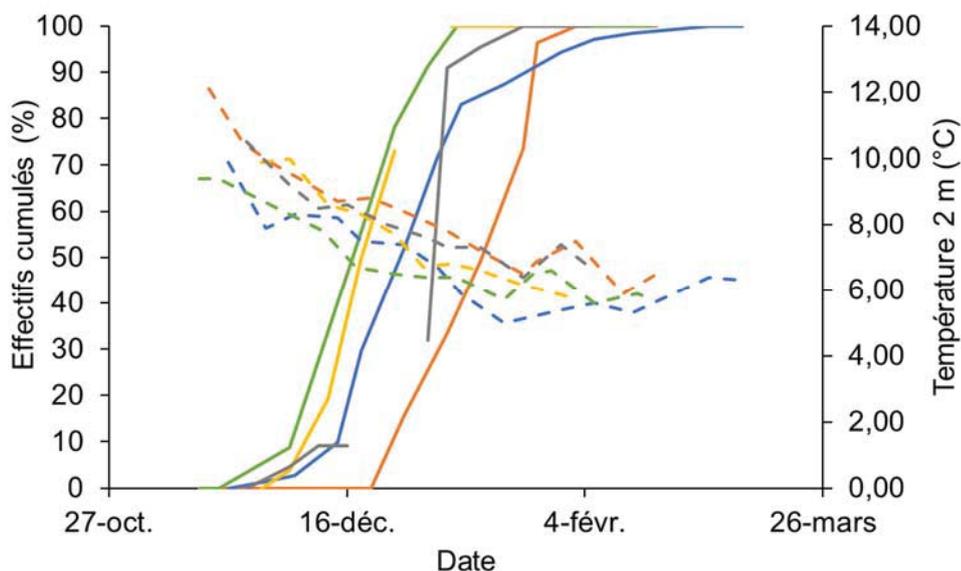


Figure 6 : Nombre de corégones capturés, exprimé en effectif cumulé, lors des hivers 2015-2016 (trait plein orange), 2016-2017 (trait plein bleu), 2017-2018 (trait plein vert), 2018-2019 (trait plein jaune, une campagne est manquante), 2019-2020 (trait plein gris, une campagne est manquante), et données de températures moyennes journalières mesurées à 2 m de profondeur dans le port de l'INRAE (traits pointillés orange : 2015-2016, bleu : 2016-2017, vert : 2017-2018, jaune : 2018-2019, gris : 2019-2020).

Figure 6: Number of whitefish captured, expressed as cumulated numbers, during winters 2015–2016 (solid orange line), 2016–2017 (blue solid line), 2017–2018 (green solid line), 2018–2019 (yellow solid line, one campaign missing), 2019–2020 (gray solid line, one campaign missing), and mean daily temperature data measured 2 m deep in the INRAE port (orange dotted line: 2015–2016, blue dotted lines: 2016–2017, green dotted line: 2017–2018, yellow dotted line: 2018–2019, gray dotted line: 2019–2020).

## 2) Perche

Le suivi de 2020 n'a pas pu être effectué complètement en raison du confinement lié à l'épidémie de COVID19 (Figure 7). Au cours du suivi scientifique de 2020, seules 3 relèves de frayères ont pu être effectuées, fin mai, et 17 rubans ont été récoltés. Un seul ruban a été relevé à -8 m, le reste étant relevé sur la frayère positionnée à -12 m. Les données de températures ont par contre pu être enregistrées.

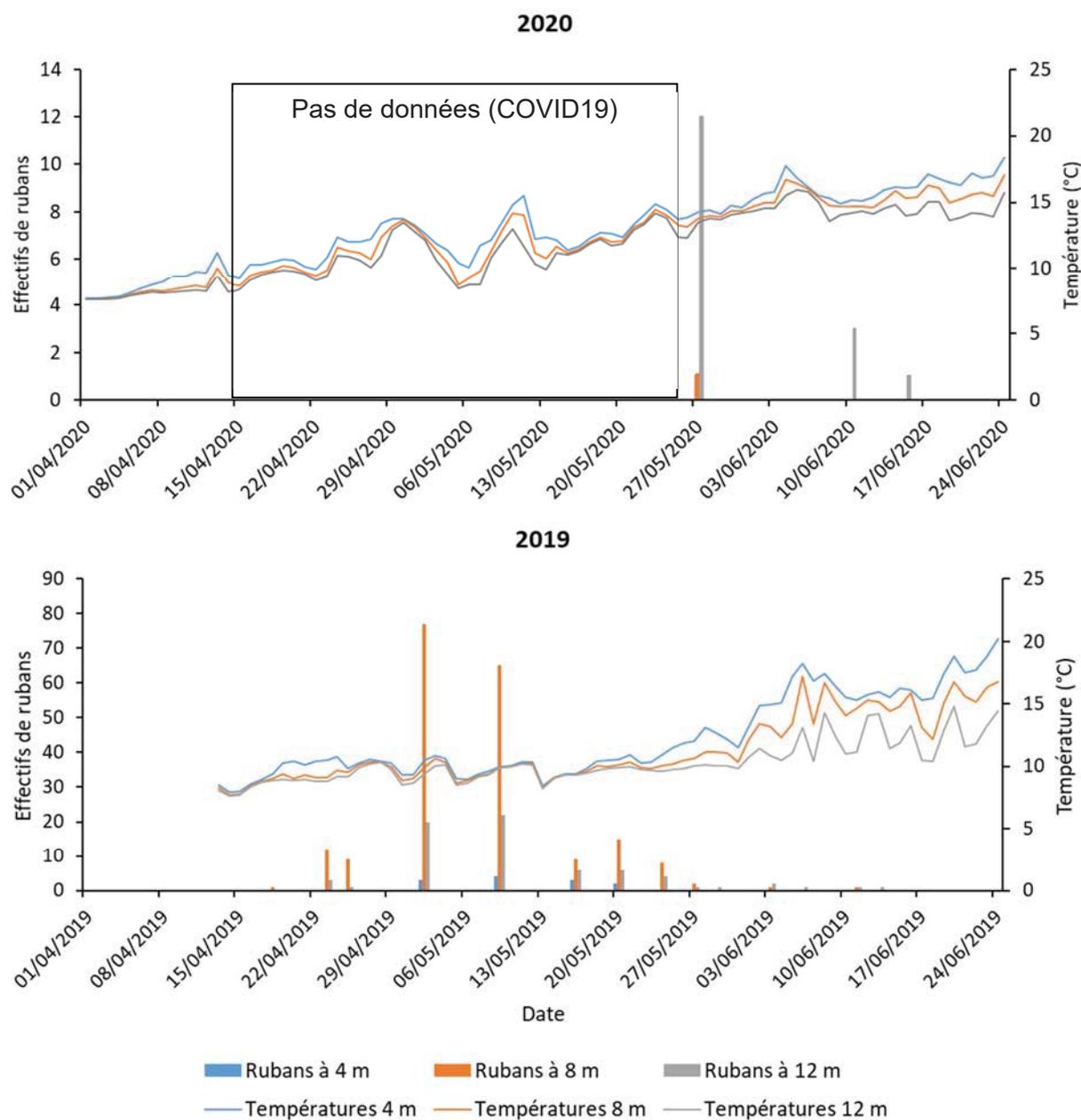


Figure 7 : Nombre de rubans de perche récoltés en a) 2019 et en b) 2020 par frayère à -4 m (bleu), -8 m (orange) et -12 m. Les courbes représentent les températures relevées à -4 m (en bleu), à -8 m (en orange) et à -12 m (en gris) de profondeur.

Figure 7: Number of perch ribbons harvested in a) 2019 and b) 2020 per spawning bed at -4 m (blue), -8 m (orange) and -12 m (gray) deep. The curves represent the temperatures recorded at -4 m (blue), -8 m (orange) and -12 m (gray) deep.

Le lien avec la température dans la dynamique du frai pour la perche est connu de longue date. Le frai débute lorsque la température de surface atteint environ 10 °C et le pic s'observe généralement pour des températures d'environ 12°C (Gillet and Dubois 2007). Compte tenu de ces connaissances nous pouvons inférer la date de début et d'apogée du frai.

En 2020, le frai aurait pu débuter le 16 avril soit environ 15 jours plus tôt que la date de début de frai généralement observée (Concastie et al. 2019). Les températures atteignent le seuil des 12°C le 24 avril, date probable du pic de

reproduction (Figure 8). La hausse des températures se poursuit jusqu'à fin avril avant de chuter brusquement aux environs de 10°C en raison d'un épisode de vent. Ce phénomène aurait pu ralentir la dynamique de reproduction et donc influencer l'étalement de la dépose de rubans dans le temps.

La structure en taille a également une influence sur la dynamique de la reproduction. Les perches de plus petites tailles ont tendance à frayer de façon plus précoce que celles de plus grandes tailles (Gillet and Dubois 2007). En 2020, trop peu de rubans ont pu être collectés et donc analysés pour dresser des conclusions sur l'influence de la taille des reproductrices sur la dynamique.

L'activité de frai est généralement maximale la première semaine du mois de mai lorsque les températures atteignent 12°C à -4 m (Gillet and Dubois 2007). C'est à cette température que le frai est stimulé et c'est aussi la température optimale pour le développement des œufs (Hokanson and Kleiner 1974). En 2020, en se basant sur les données de température, la reproduction aurait pu être parmi les plus précoces de la série chronologique. Le printemps 2020 a été dominé par des conditions anticycloniques et le deuxième printemps le plus chaud en France et le troisième plus chaud en Suisse depuis 1900 (source : Météo France et Météo Suisse). La température de l'eau a été impactée et probablement la dynamique de frai de la perche.

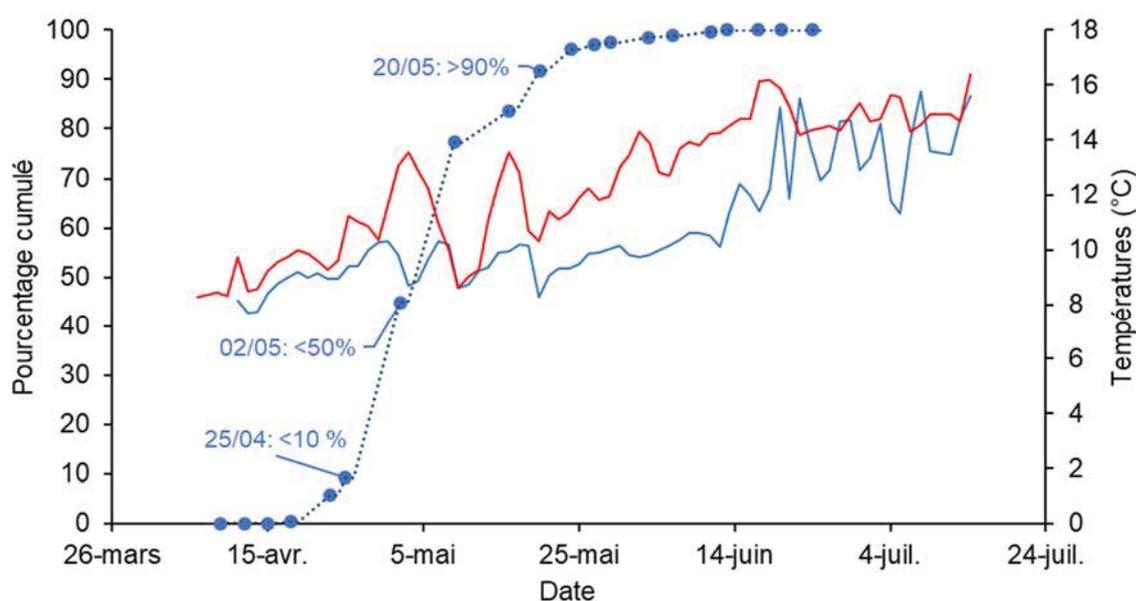


Figure 8 : Comparaison des températures moyennes (à -8 et -12 m), entre 2019 (bleu) et 2020 (rouge), dynamique de frai pour l'année 2019 en effectifs cumulés de rubans, exprimés en pourcentage, récoltés sur les frayères artificielles à toutes profondeurs confondues (-4, -8 et -12 m.). La phénologie n'a pas pu être déterminée pour 2021 en raison du manque de données en lien avec l'épidémie de COVID19.

Figure 8: Comparison of mean temperatures (at -8 and -12 m), between 2019 (blue) and 2020 (red), spawning dynamics for 2019 in cumulated numbers of ribbons, expressed as a percentage, harvested on artificial spawning beds, all depths combined (-4, -8 and -12 m.). Phenology could not be determined for 2021 because of a lack of data stemming from the COVID19 epidemic.

#### 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Concernant le suivi de la reproduction du corégone, malgré les adaptations du protocole réalisées ces deux dernières années en raison de la baisse de l'abondance de géniteurs, en concentrant l'effort de pêche aux profondeurs où les captures sont plus importantes et en ajoutant un autre site de suivi, les captures d'individus restent faibles et insuffisantes pour décrire précisément la phénologie.

Depuis 2019, le CARTEL réalise de façon simultanée aux pêches aux filets des prélèvements d'eau afin d'extraire l'ADN laissés par les poissons dans le but d'étudier leur phénologie (Hänfling et al. 2016). Au cours de l'hiver 2020-2021, ces prélèvements d'eau ont été complétés par des comptages visuels (le corégone se reproduisant très au bord, les poissons sont visibles) et des acquisitions par une caméra acoustique (Martignac et al. 2015) positionnée sur un site de reproduction actif.

Les premiers résultats obtenus par ces différentes méthodes d'échantillonnages, non invasives, seront présentés dans le rapport qui concerne la campagne de 2021. Une réflexion est engagée pour définir un protocole standardisé, basé principalement sur les méthodes non invasives et dont la mise en œuvre est *a priori* moins dépendantes des conditions météorologiques. Pour la perche, le suivi n'a pas pu être réalisé dans les conditions habituelles en raison de l'épidémie de COVID19. Les températures enregistrées sont parmi les plus chaudes depuis le début du suivi (Tran Khac et al., 2020). La reproduction aurait pu être particulièrement précoce.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

- Champigneulle, A., D. Gerdeaux, and C. Gillet. 1983. Les pêches de géniteurs de corégone dans le Léman français en 1982. *Bull. Fr. Piscic.* 149–157. doi:10.1051/kmae:1983006
- Concastie, G., J. Guillard, and C. Goulon. 2019. Etude de la dynamique de la population et de la phénologie de la reproduction de la perche (*Perca fluviatilis*) dans le Léman. suivi halieutique Convention Cantons VD, VS, GE, OFEV.
- Dubois, J.-P., C. Gillet, S. Bonnet, and Y. Chevalier-Weber. 1996. Correlation between the size of mature female perch (*Perca fluviatilis* L.) and the width of their egg strands in Lake Geneva. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 417–420.
- Gillet, C., and J. P. Dubois. 1995. A survey of the spawning of perch (*Perca fluviatilis*), pike (*Esox lucius*), and roach (*Rutilus rutilus*), using artificial spawning substrates in lakes. *Hydrobiologia* 300–301: 409–415. doi:10.1007/BF00024482
- Gillet, C., and J. P. Dubois. 2007. Effect of water temperature and size of females on the timing of spawning of perch *Perca fluviatilis* L. in Lake Geneva from 1984 to 2003. *J. Fish Biol.* 70: 1001–1014. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01359.x
- Gillet, C., J. P. Dubois, and S. Bonnet. 1995. Influence of temperature and size of females on the timing of spawning of perch, *Perca fluviatilis*, in Lake Geneva from 1984 to 1993. *Environ. Biol. Fishes* 42: 355–363. doi:10.1007/BF00001465
- Gillet, C., C. Lang, and J. P. Dubois. 2013. Fluctuations of perch populations in Lake Geneva from 1984 to 2011 estimated from the number and size of egg strands collected in two locations exposed to different fishing practices. *Fish. Manag. Ecol.* 20: 484–493. doi:10.1111/fme.12037
- Gillet, C., and P. Quéting. 2006. Effect of temperature changes on the reproductive cycle of roach in Lake Geneva from 1983 to 2001. *J. Fish Biol.* 69: 518–534. doi:10.1111/j.1095-8649.2006.01123.x
- Goulon, C., and J. Guillard. 2021. Suivi halieutique du lac d'Annecy 2020. Convention Sila-DDT-ALP-PêcheursPro.
- Hänfling, B., L. L. Handley, D. S. Read, and others. 2016. Environmental DNA metabarcoding of lake fish communities reflects long-term data from established survey methods. *Mol. Ecol.* 25: 3101–3119. doi:https://doi.org/10.1111/mec.13660
- Hokanson, K. E. F., and Ch. F. Kleiner. 1974. Effects of Constant and Rising Temperatures on Survival and Developmental Rates of Embryonic and Larval Yellow Perch, *Perca flavescens* (Mitchill). *The Early Life History of Fish.* Springer. 437–448.
- Martignac, F., A. Daroux, J.-L. Bagliniere, D. Ombredane, and J. Guillard. 2015. The use of acoustic cameras in shallow waters: new hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. *Fish Fish.* 16: 486–510. doi:https://doi.org/10.1111/faf.12071
- Thorpe, J. 1977. Synopsis of biological data on the perch *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 and *Perca flavescens* Mitchill, 1814, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Walther, G.-R., E. Post, P. Convey, and others. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389–395. doi:10.1038/416389a