



Rapport du suivi thermique de la rivière Yonne

Année 2023

Fédération Départementale de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique de la Nièvre

174 Faubourg du Grand Mouësse 58000 Nevers - Tél. : 03 86 61 18 98 - Fax : 03 86 61 93 04

Courriel : fede.peche58@gmail.com - Site : www.federationdepeche58.fr

Table des matières

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Contexte | 1 |
| 2 | Matériel et méthode | 2 |
| 2.1 | Site d'étude..... | 2 |
| 2.2 | Sondes thermiques..... | 3 |
| 2.3 | Espèce repère : la truite fario..... | 6 |
| 2.4 | Analyses des données thermiques..... | 7 |
| 3 | Analyse | 8 |
| 3.1 | Evolution de la température de l'air en 2023..... | 8 |
| 3.2 | Résultats 2023 | 8 |
| 3.2.1 | Résultats par station..... | 9 |
| 3.2.2 | Résultats par zone | 20 |
| 3.3 | Comparaison interannuelle et évolution des températures..... | 30 |
| 3.3.1 | Résultats par stations..... | 30 |
| 4 | Conclusion | 42 |

1 Contexte

Dans le contexte actuel de changement climatique, une augmentation de la température de l'eau peut avoir des effets dommageables sur de nombreuses espèces animales et végétales qui ne peuvent pas supporter des températures plus élevées. La température est l'un des facteurs primordiaux dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Elle a un impact sur le biotope, mais également sur la biocénose.

En effet, la température de l'eau a une influence sur la concentration en oxygène dissous présents dans les cours d'eau. La concentration en oxygène sera plus importante dans des eaux froides. Également, la température de l'eau a un effet sur la distribution et les cycles biologiques des espèces animales et végétales. Une augmentation de la température de l'eau va entraîner une remontée progressive en altitude des espèces préférant les eaux froides.

Différents paramètres peuvent avoir un impact sur la température de l'eau. La ripisylve permet de conserver une température de l'eau fraîche. Une fragmentation de cette ripisylve peut entraîner un réchauffement de l'eau ainsi qu'une augmentation des amplitudes thermiques journalières et saisonnières. La présence de barrage peut aussi avoir un impact sur la température de l'eau à l'amont et à l'aval. En effet, un obstacle (barrage ou seuil) entraîne la formation d'une retenue d'eau stagnante qui va progressivement augmenter en température. A l'aval, la température de l'eau est également impactée. L'eau sera généralement plus chaude, l'eau s'étant réchauffée dans l'enceinte de la retenue. Mais l'eau peut être aussi plus froide si la hauteur de la retenue est importante et que c'est de l'eau de fond qui est lâchée à l'aval.

La température de l'eau est donc un paramètre principal à la présence de nombreuses espèces de poissons. Certaines de ces espèces requièrent des eaux froides et oxygénés, notamment les poissons de première catégorie, comme la truite fario, tandis que d'autres préfèrent des eaux plus chaudes et calmes (carpes, ...). Enfin, certains des espèces piscicoles sont beaucoup plus ubiquistes et peuvent supporter de plus grandes variations de températures de l'eau.

L'Yonne, troisième affluent le plus important de la Seine, traverse le Morvan. Les eaux froides du Morvan permettent le maintien d'un peuplement piscicole de première catégorie. Et le barrage de Pannecière-Chaumard, avec sa vanne de fond, permet de maintenir une eau plus froide à l'aval de la retenue.

Dans le cadre de l'acquisition de connaissances sur l'état des masses d'eau de la Nièvre, la Fédération de Pêche de la Nièvre a été missionnée pour réaliser un suivi thermique de l'Yonne par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

Ce suivi a donc pour but d'observer l'évolution de la température de l'eau sur cette rivière afin d'évaluer les potentiels impacts sur les populations piscicoles, et notamment sur l'une des espèces repères du Morvan, la truite fario.

2 Matériel et méthode

2.1 Site d'étude

L'Yonne est un cours d'eau de 292 km de long. Cette rivière prend sa source sur la commune de Glux-en-Glenne, dans le département de la Nièvre et se jette dans la Seine à Montereau-Fault-Yonne, dans le département de Seine-et-Marne.

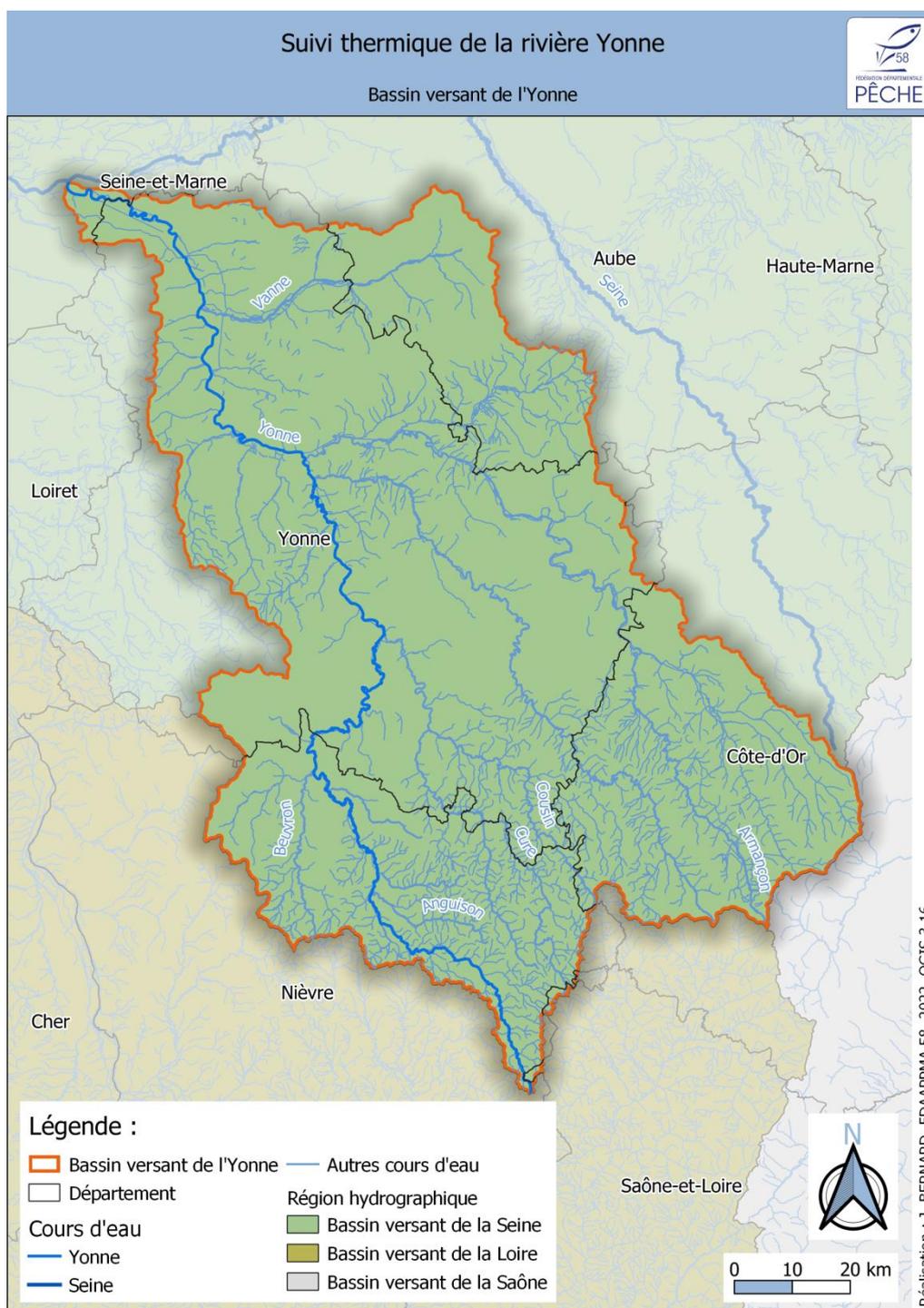


Figure 1 : Bassin versant de l'Yonne

◆ *Lac de Pannecièrre-Chaumard*

Le lac de Pannecièrre est situé dans le Morvan, sur les communes de Chaumard, Montigny-en-Morvan et Corancy. Il a été mis en service en 1949. D'une surface de 520 hectares, il s'agit du plus grand lac du Morvan.



Figure 2 : Lac de Pannecièrre

Les principales missions de ce lac artificiel sont de renforcer le débit de l'Yonne et de la Seine en période d'étiage (période estivale) et de lutter contre les risques d'inondation. Pour cela, le gestionnaire du barrage, l'EPTB Seine Grands Lacs, stocke de l'eau durant l'hiver et le printemps et la restitue à l'Yonne durant l'été et l'automne. Ce fonctionnement entraîne donc une inversion des débits de la rivière. En effet, les crues hivernales sont minimisées car le barrage stocke une partie de cette eau, ce qui limite les inondations dans les annexes hydrauliques de l'Yonne (bras mort, prairies inondables, ...). Et durant l'été, les étiages sont également minimisés grâce à l'appui du barrage. Il y a donc une inversion des débits sur ce secteur de l'Yonne, qui est atténuée progressivement par l'apport des affluents à l'aval du lac de Pannecièrre.

2.2 Sondes thermiques

Le suivi de la température de l'Yonne a commencé en 2014. Ce sont 3 sondes qui ont été placées à l'aval du lac de Pannecièrre au niveau du Moulin de Chassy, de Montreuillon et du lieu-dit Des Granges. Ce suivi avait pour objectif de suivre la température de l'eau de l'Yonne à l'aval du lac de Pannecièrre, dans le secteur de 1^{ère} catégorie piscicole.

Fin 2019, il a été décidé de compléter ce suivi par la pose de 7 nouvelles sondes enregistreuses. Depuis début 2020, ce sont donc 10 sondes thermiques qui sont installées sur l'ensemble du linéaire de l'Yonne (cf. Figure 3) pour permettre de suivre l'évolution de la température de l'eau. La sonde la plus à l'amont est située au Châtelet (commune d'Arleuf), à environ 9 km de la source de l'Yonne, tandis que la sonde la plus à l'aval est située à Pousseaux, à 1,3 km de la limite départementale avec l'Yonne.

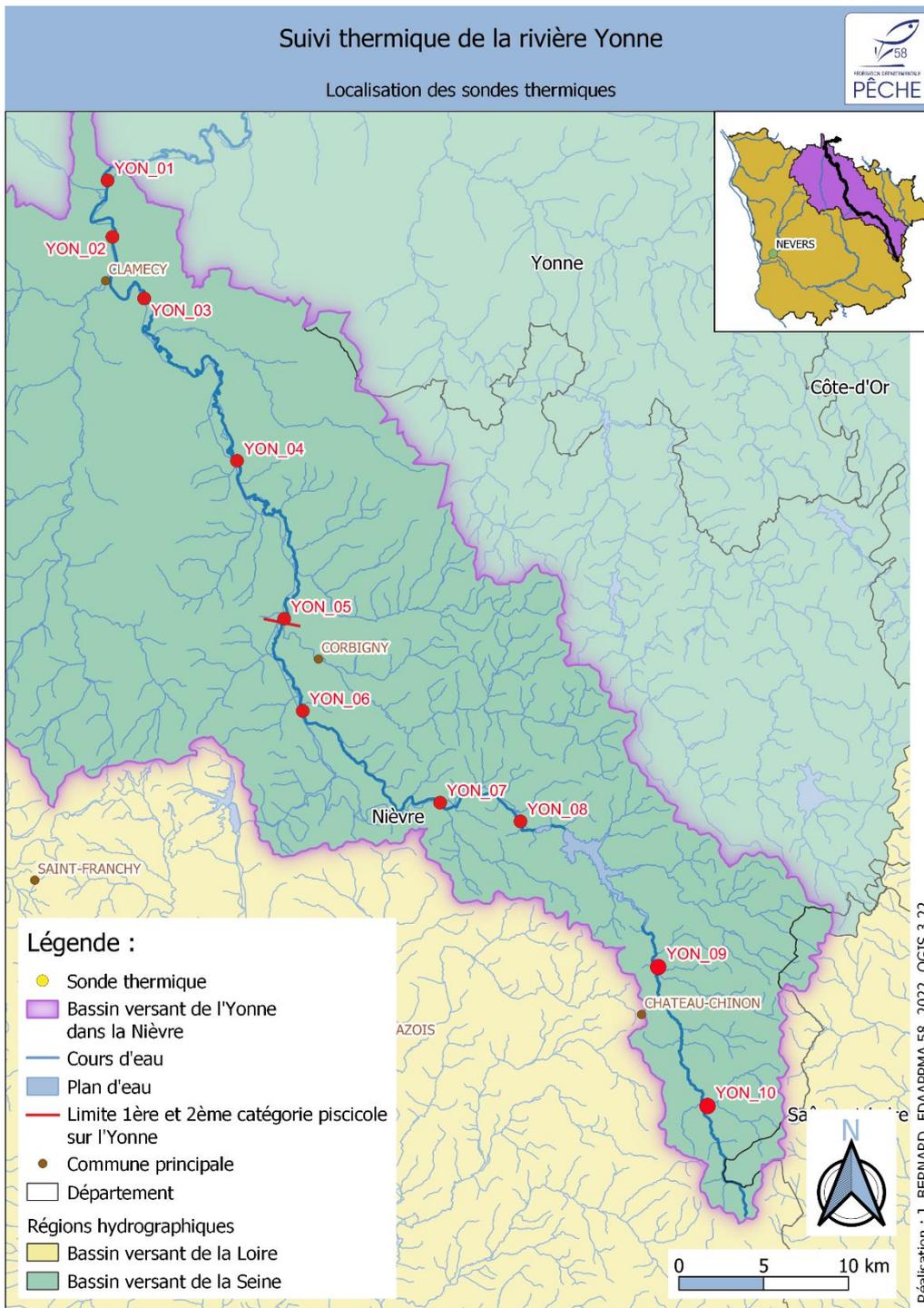


Figure 3 : Localisation des sondes thermiques sur l'Yonne

Les sondes YON_01 à YON_05 sont situées en deuxième catégorie piscicole, tandis que les sondes YON_06 à YON_10 sont en première catégorie piscicole. La limite entre la zone de première catégorie piscicole et la zone de deuxième catégorie piscicole est située à la confluence entre l'Yonne et l'Anguisson (cf. Figure 3).

Tableau 1 : Sondes thermiques

| Code sonde | Commune | Localisation | Coordonnées (Lambert 93) | |
|------------|------------------|-------------------------|--------------------------|---------|
| | | | X | Y |
| YON_01 | Pousseaux | Ponton handipêche | 739250 | 6712736 |
| YON_02 | Surgy | Station d'épuration | 739541 | 6709377 |
| YON_03 | Chevroches | Aval pont D215 | 741410 | 6705715 |
| YON_04 | Flez-Cuzy | Aval pont D119 | 746886 | 6696060 |
| YON_05 | Chitry-les-Mines | Aval pont D216 | 749668 | 6686662 |
| YON_06 | Corbigny | Les Granges | 750763 | 6681179 |
| YON_07 | Montreuillon | Aqueduc de Montreuillon | 758862 | 6675725 |
| YON_08 | Mhère | Moulin de Chassy | 763604 | 6674610 |
| YON_09 | Corancy | Amont pont D37 | 771727 | 6665946 |
| YON_10 | Arleuf | Etang du Chatelet | 774636 | 6657677 |

Les sondes utilisées sont des Tidbit V2 de HOBO. Elles sont programmables et nous permettent d'enregistrer une température toutes les 2 heures. Elles sont positionnées dans l'eau assez profondément pour éviter son exondation durant la période d'étiage du cours d'eau. La sonde est accrochée à une racine ou à un objet ne pouvant pas se faire emporter en cas de crue. Elle est également placée dans une coque en pvc, ce qui protège la sonde des chocs ainsi que des mouvements, limitant ainsi son usure et sa détérioration.



Figure 4 : Sonde enregistreuse de la température (à gauche) et pose de la sonde (à droite)

La relève, sur ce type de sonde, a lieu tous les ans. La récupération des données s'effectue grâce à l'utilisation d'une navette étanche, ce qui permet de transférer les données accumulées sans avoir à ramener la sonde aux locaux de la Fédération de Pêche de la Nièvre.



Figure 5 : Récupération de données grâce à la navette étanche

2.3 Espèce repère : la truite fario

La truite fario (*Salmo trutta fario*) est un salmonidé réalisant l'ensemble de son cycle de vie en eau douce. Il s'agit d'une espèce rhéophile (elle apprécie le courant), sténotherme d'eau froide (elle exige de températures inférieures à 19°C) et d'eaux bien oxygénées. Cette espèce est caractéristique des cours d'eau de première catégorie piscicole qui sont généralement les ruisseaux et rivières de têtes de bassin.



Figure 6 : Truite fario de l'Yonne, en aval du barrage de Pannecière

La truite fario a des exigences très strictes vis-à-vis de la température de l'eau. Pour cette espèce sténotherme d'eaux froides, le principal danger est lié à une augmentation des températures estivales. La truite fario a un préférendum thermique qui va de 4 à 19°C. Au-dessus de cette température, la truite entre en état de stress physiologique, elle s'arrête de s'alimenter. Et au-delà de 25°C, le seuil létal de cette espèce est franchi. Ces seuils peuvent également varier en fonction de la qualité de l'eau.

| Température de l'eau en °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|-------------------------------|-------------|-----------------------|---|---|-----------------------|---|---|---|---|---|----|----|---------------------------|----|-------------|----|----|------------------|----------------------|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|
| COURT TERME (quelques heures) | Seuil létal | Métabolisme réduit | | | Préférendum thermique | | | | | | | | | | | | | | Stress physiologique | | | Seuil létal | | | | | | |
| LONG TERME (moy journalière) | Seuil létal | Métabolisme réduit | | | Préférendum thermique | | | | | | | | | | | | | risque juvéniles | Stress physiologique | | | Seuil létal | | | | | | |
| Stade embryo-larvaire | Seuil létal | Embryogénèse ralentie | | | Préférendum thermique | | | | | | | | Diminution taux de survie | | Seuil létal | | | | | | | | | | | | | |

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chaud est un indicateur souvent utilisée pour évaluer la capacité de la truite à effectuer son cycle de vie dans un milieu : les juvéniles (truitelles) sont plus sensibles que les adultes aux variations de températures et aux températures élevées. Ainsi, de nombreux auteurs (Elliot, 1995 ; Elliot et Hurley, 1998 ; Baran et al., 1999 ; étude sur la truite en Bourgogne, DR CSP, Baran ; Baran et Delacoste, 2005) considèrent que si la moyenne de l'eau des 30 jours consécutifs les plus chauds ($T_{m30j \max}$) excède les 17,5 – 18°C, alors il y a des impacts négatifs avérés sur la survie des truitelles.

2.4 Analyses des données thermiques

Pour chaque station du suivi, différentes analyses seront réalisées. L'ensemble de ces calculs et analyses permettront de mieux appréhender l'évolution de la température sur l'ensemble du linéaire de l'Yonne.

Un graphique de l'évolution annuelle de la température de l'eau sera effectué par station de mesure à partir des données brutes.

Des comparaisons des stations seront également réalisées à partir des températures moyennes journalières :

- ◆ Comparaison annuelle des températures de plusieurs stations.
- ◆ Comparaison interannuelle de la température par station de mesure.

Enfin, différents calculs seront opérés à partir des données brutes afin de réaliser différents calculs en lien avec la physiologie de la truite fario, et notamment de ces seuils thermiques :

- ◆ Thermie générale :
 - Tmin : Température minimale enregistrée.
 - Tmax : Température maximale enregistrée.
 - Tma : Température moyenne annuelle.
 - Tmj max : Température moyenne journalière maximale.
- ◆ Préférendum thermique de la truite fario :
 - Tm30j max : Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chaud.
- ◆ Stress physiologique de la truite fario :
 - NTi > 19 : Nombre d'heures total où la température instantanée est supérieure à 19°C.
 - Nseq Ti > 19 : Nombre de séquences durant lesquelles les températures restent supérieures à 19°C.
 - Nmax Tic > 19 : Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les températures restent supérieures à 19°C.
- ◆ Seuil léthal de la truite fario :
 - NTi ≥ 25 : Nombre d'heures total où la température instantanée est supérieure ou égale à 25°C.
 - Nseq Ti ≥ 25 : Nombre de séquences durant lesquelles les températures restent supérieures ou égales à 25°C.
 - Nmax Tic ≥ 25 : Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les températures restent supérieures ou égales à 25°C.

Les températures relevées sont également comparées aux températures de l'air mesurées à la station météorologique de Nevers-Marzy. Située à 180 m d'altitude, c'est la seule station météorologique du département dont les données nous sont disponibles.

Les données sont récupérées sur le site internet suivant : <https://prevision-meteo.ch/climat/journalier/nevers-marzy/2024-06>

3 Analyse

3.1 Evolution de la température de l'air en 2023

La température de l'air est un des paramètres les plus influents sur la température de l'eau. L'année 2023 a été globalement chaude, avec des températures importantes qui se sont maintenues jusqu'au début du mois d'octobre.

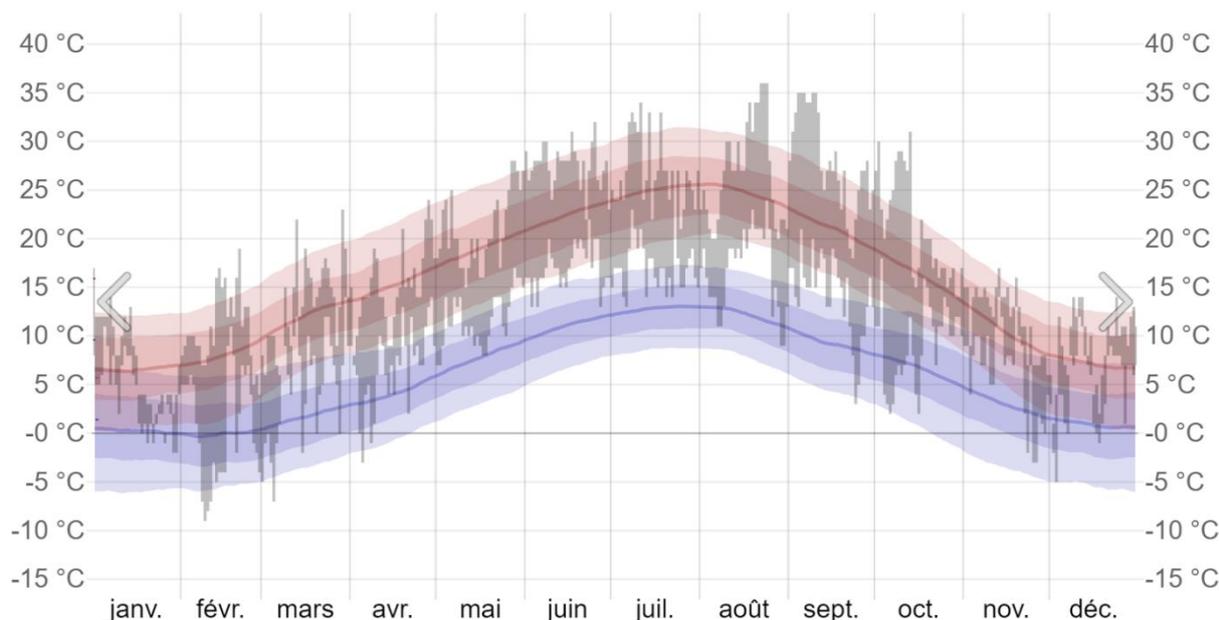


Figure 7 : Historique des températures pour Nevers-Fourchambault © WeatherSpark.com

La plage quotidienne des températures rapportées (barres grises) et températures maximales (coches rouges) et minimales (coches bleues) à 24 heures, placées au-dessus de la température quotidienne moyenne maximale (ligne rouge tendue) et minimale (ligne bleue tendue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile.

Les données de température de l'air sont consultables via le lien suivant : <https://fr.weatherspark.com/h/y/147964/2023/M%C3%A9t%C3%A9o-historique-en-2023-%C3%A0-Nevers-Fourchambault-France#Figures-Temperature>

3.2 Résultats 2023

Deux campagnes de relevés étaient prévues en 2023, dont une a été réalisée au printemps 2023, sur 2 journées, le 18/04/2022 et le 19/04/2023.

Les pluies abondantes de la fin d'automne 2023 jusqu'à la fin du printemps 2024 n'ont pas permis de relever les sondes sur cette période. La campagne de relevé a donc été réalisée à l'été 2024, lors de 2 journées : le 09/07/2024 et le 08/08/2024.

L'ensemble des sondes ont bien été retrouvées lors de toutes les campagnes de relevés.

Un dysfonctionnement de la pile de la sonde YON_08 est à noter à partir du 14 décembre 2023. Les données de cette station après cette date sont donc manquantes. La sonde défectueuse a été remplacée le 13 août 2024.

3.2.1 Résultats par station

◆ YON_10 (Chatelet)

Cette station est située à 8,5 km de la source. Aucun obstacle à la continuité écologique ni plan d'eau ne se situe à l'amont de cette station.

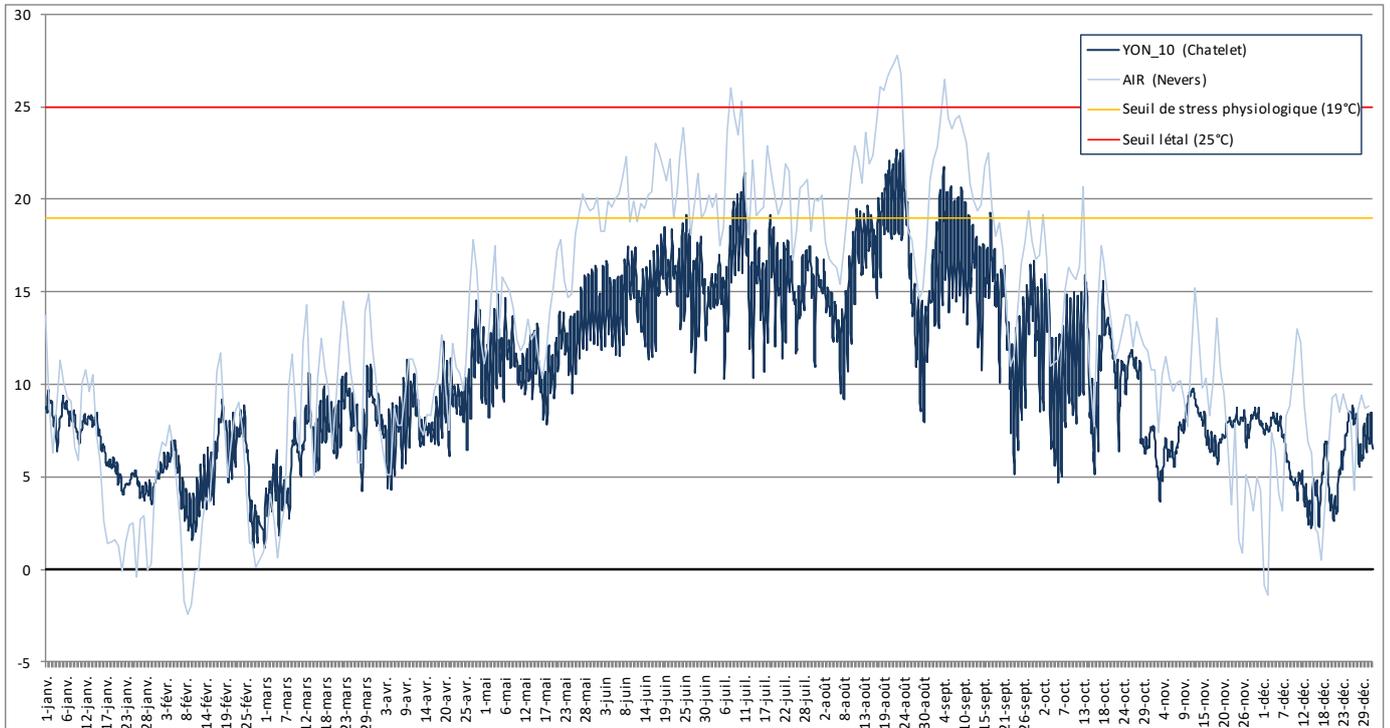


Figure 8 : Evolutions des températures relevées à la station YON_10 durant l'année 2023

Sur l'année 2023, les températures relevées sont comprises entre 1,18 °C et 22,68 °C.

La température de l'eau a dépassé les 19°C pour la 1^{ère} fois le 10 juillet. La température maximale a été atteinte le 25 août, avec 22,68 °C. Le seuil létal de 25°C n'a donc jamais été approché. L'eau est tout de même restée 286 heures au-dessus 19°C, et la durée consécutive maximale pendant laquelle elle est resté au-dessus de ce seuil de stress physiologique a été de 24h.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds est de 17,26°C, ce qui est compatible avec les besoins de la truite fario et ne présente pas de risque, même pour les juvéniles.

La température minimale instantanée a été relevée à 1,18°C à la fin du mois de février, ce qui ne remet pas en cause le développement des embryons.

Les conditions thermiques pour accueillir une population de truite fario sont donc bien réunies sur cette station, même si des dépassements ponctuels du seuil de stress physiologique sont à noter.

◆ YON_09 (Corancy)

La station de Corancy est située 10,5 km en aval de la station YON_10. Sur le tronçon de cours d'eau entre les stations YON_10 et YON_09, plusieurs éléments peuvent provoquer un réchauffement de l'eau de l'Yonne. De l'amont vers l'aval (et la station YON09) se trouvent :

- L'étang du Châtelet, bien qu'il soit en dérivation, donc avec un impact limité,
- La pisciculture de Vermenoux, également en dérivation, elle dispose d'une prise d'eau et d'un rejet dans l'Yonne
- Le Moulin d'Yonne, microcentrale électrique directement en barrage sur le cours d'eau, avec une hauteur de chute indiquée sur le ROE entre 2 et 3m
- L'Etang de la Vernée, en dérivation
- L'arrivée d'affluents ayant des plans d'eau sur cours d'eau sur leurs tracés
- 2 tronçons dépourvus de ripisylve, notamment dans l'emprise de l'ancien ouvrage de Pierre-Glissotte.

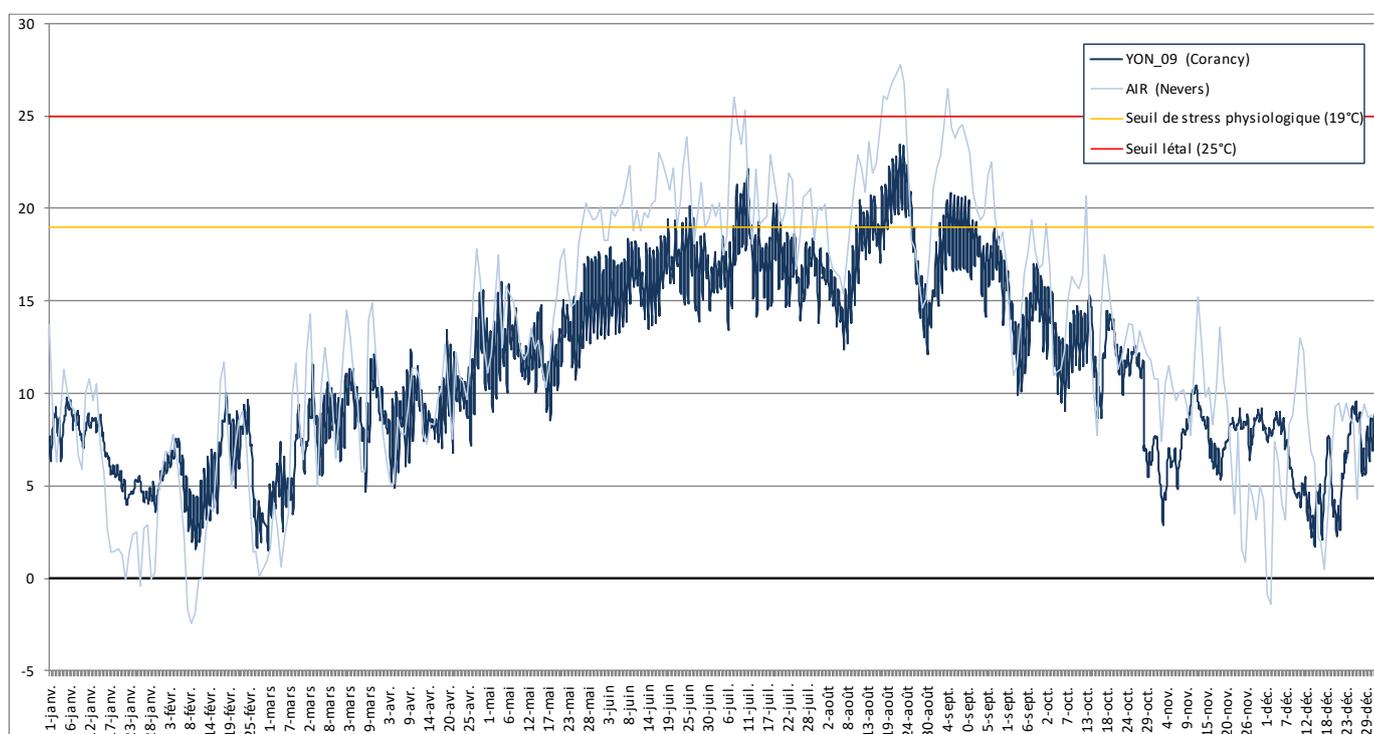


Figure 9 : Evolution des températures relevées à la station YON_09 durant l'année 2022

Sur l'année 2022, la température de l'Yonne à Corancy a largement dépassée les 19°C, et ce dès le mois de juin comme le montre le graphique ci-dessus.

Les températures relevées à la station de Corancy ont varié entre 1,48 et 23,45 °C (atteint le 22 août).

La température moyenne mensuelle du mois le plus chaud est enregistrée en Août avec 17,66°C de moyenne, alors que la température journalière moyenne maximale a atteint 21,71°C.

La température a été enregistrée à plus de 19°C sur 37 séquences pour un total de 486 heures, et la séquence au-dessus de 19° la plus longue a duré 162 heures.

La température de l'Yonne à Corancy sur l'année 2023 a donc présenté de larges plages de dépassement du seuil de stress physiologique de la truite fario (19°C), et s'est même approchée du seuil léthal des 25°C (température capable d'entraîner la mort d'une truite fario en un court laps de temps). Durant ces périodes de stress, les truites cessent de s'alimenter et minimisent leurs dépenses énergétiques. Si ces périodes sont trop longues et répétées, elles peuvent entraîner la mort des individus.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds atteint 18,55°C. Cette température moyenne élevée a certainement eu un impact sur la population de truites fario et en particulier sur les juvéniles.

L'étiage 2023 a donc été une période de stress intense pour les individus situés au niveau de la station YON_09. Il est même possible qu'il y ait eu de la mortalité dans la population de truite fario au vu de la durée et de l'intensité des périodes chaudes et de stress des individus.

Il est intéressant de remarquer que sur cette station, comme sur la station YON_10 à l'amont, la température de l'eau a brusquement chuté le 29 octobre, sans corrélation avec la température de l'air. La température de l'eau est ensuite restée relativement stable et sans corrélation avec la température de l'air jusqu'au 12 décembre.

Cette chute des températures de l'eau correspond à un épisode de fortes précipitations, avec un total de 57,4 mm relevé à Nevers-Marzy (probablement plus dans le Morvan), dont 31,8 mm sur la seule journée du 29 octobre 2023.

Si ces précipitations peuvent probablement expliquer la chute des températures, il est cependant difficile de déterminer la cause de l'absence de corrélation entre la température de l'air et celle de l'eau sur l'ensemble de la période. En effet, les pluies sont restées abondantes les deux premières semaines de novembre, mais assez faibles le reste du mois.

◆ YON_08 (Moulin de Chassy)

La station YON_08 se situe sur le bras naturel de l'Yonne, en aval du seuil de répartition, au niveau du moulin de Chassy. C'est la 1^{ère} station à l'aval du bassin de compensation de Pannecière (à 1500 m).

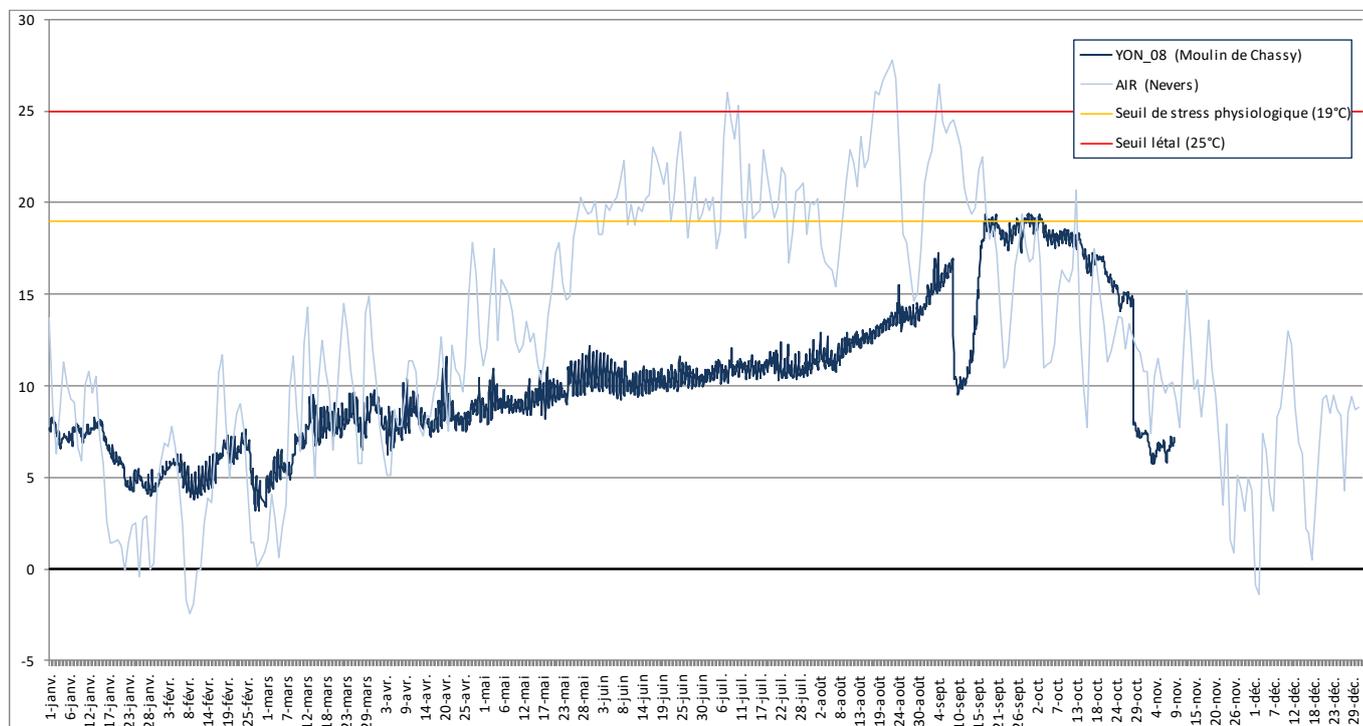


Figure 10 : Evolution des températures de la station YON_08 durant l'année 2023

Sur l'année 2023, la température de l'Yonne à Chassy n'a dépassé que très légèrement les 19°C.

Les températures relevées sur la station ont varié entre 3,2 et 19,39°C (atteint le 28 septembre).

La température moyenne mensuelle du mois le plus chaud est enregistrée en septembre avec 15,96°C de moyenne, alors que la température journalière moyenne maximale a atteint 18,83°C.

La température a été enregistrée à plus de 19°C sur 13 séquences pour un total de 56 heures, et la séquence au-dessus de 19° la plus longue a duré 16 heures.

La température de l'Yonne à Chassy sur l'année 2023 ne présente donc que très peu de plages de dépassement du seuil de stress physiologique de la truite fario (19°C).

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds est de 16,69°C. Il ne semble donc pas y avoir de contraintes liées à la température pour la truite fario.

On observe du 8 au 19 septembre une chute des températures de l'eau, qui passe de 16 à 10°C. Cette chute des températures ne peut s'expliquer que par une manœuvre en lien avec le mode de restitution de l'eau du barrage de Pannecière.

◆ YON_07 (Montreuillon)

La station YON_07 se situe au niveau de l'Aqueduc de Montreuillon, 6,3 km en aval de la station YON_08. Il n'y a pas d'obstacles référencés sur le cours de l'Yonne entre ces deux stations et la ripisylve y est quasi continue.

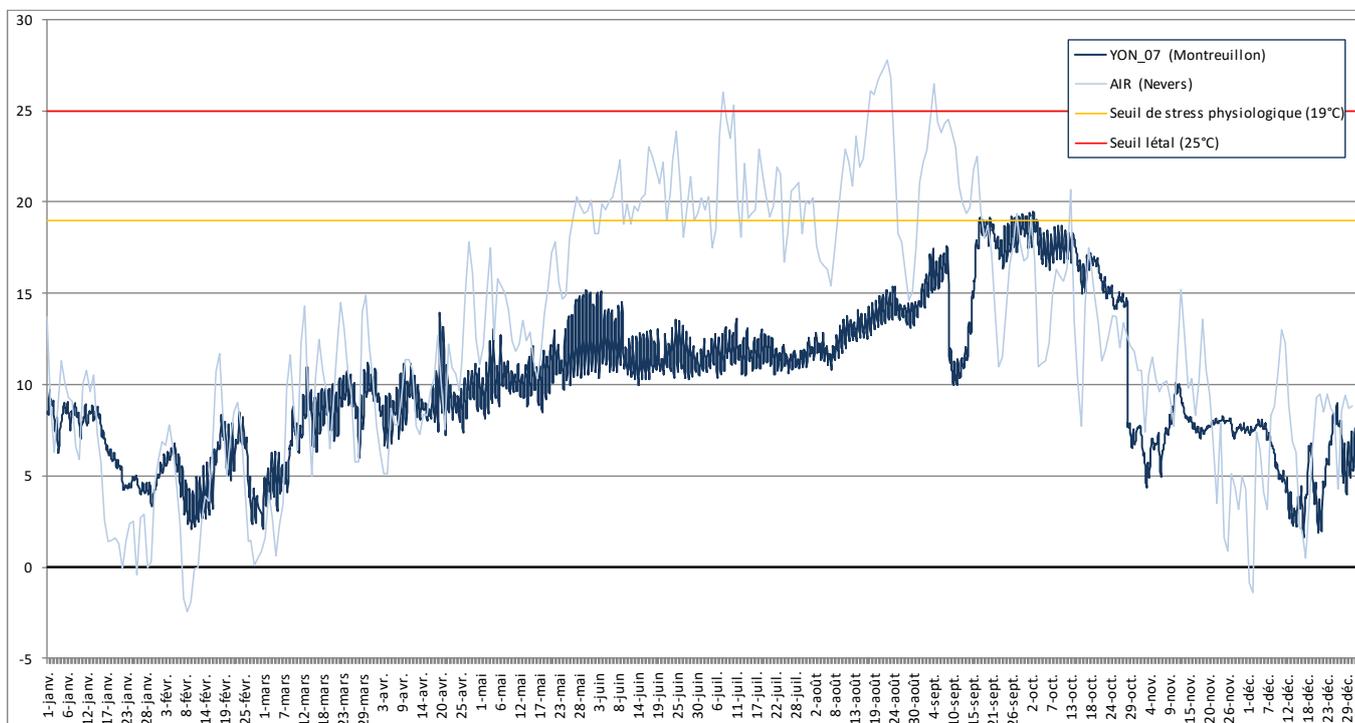


Figure 11 : Evolution des températures de la station YON_07 durant l'année 2023

Sur l'année 2023, la température de l'Yonne à Montreuillon n'a dépassé que très légèrement les 19°C.

Les températures relevées sur la station ont varié entre 1,64 et 19,48°C (le 2 octobre).

La température moyenne mensuelle du mois le plus chaud est enregistrée en septembre avec 15,91°C de moyenne, alors que la température journalière moyenne maximale a atteint 18,68°C.

La température a été enregistrée à plus de 19°C sur 11 séquences pour un total de 54 heures, et la séquence au-dessus de 19° la plus longue a duré 8 heures.

La température de l'Yonne à Chassy sur l'année 2023 ne présente donc que très peu de plages de dépassement du seuil de stress physiologique de la truite fario (19°C).

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds est de 16,32°C. Il ne semble donc pas y avoir de contraintes liées à la température pour la truite fario.

La chute des températures de l'eau du mois de septembre est également très marquée sur cette station.

◆ YON_06 (Les Granges)

La station YON_06 se situe 13 km en aval de la station YON_07, au lieu-dit les Granges. Elle est à 650 m à l'aval de la prise d'eau de la Chaise et de son seuil permettant l'alimentation du canal du nivernais.

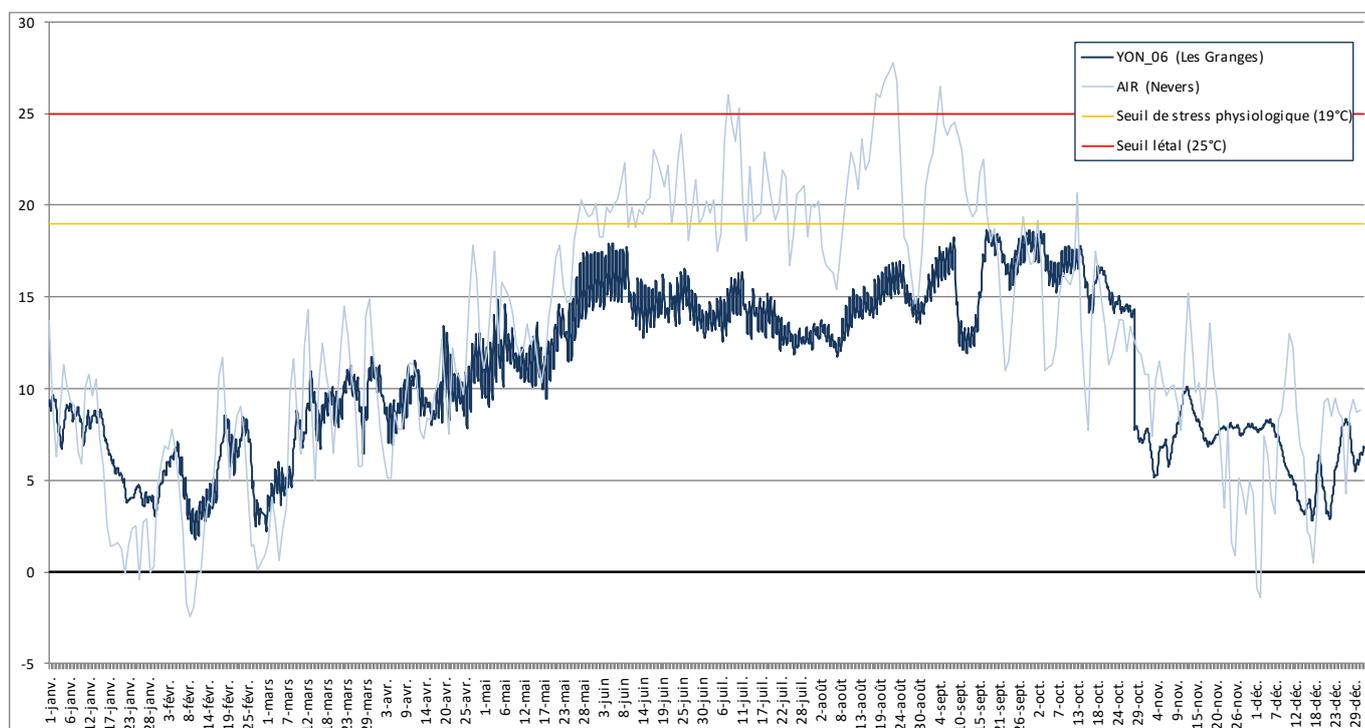


Figure 12 : Evolution des températures de la station YON_06 durant l'année 2023

Cette station est la seule sur laquelle la température n'a jamais atteint les 19°C sur l'année 2023. L'influence de la température de l'eau rendue par le barrage de Pannecière est toujours très marquée mais la distance avec le barrage est suffisante pour avoir des effets et lisser la température sur la période allant de mai à octobre.

La température maximale a été atteinte le 29 septembre à 18h avec 18,65°C. La température minimale instantanée a été mesurée à 1,78°C le 10 février.

On constate une température moyenne de 14,36°C au mois d'Août, et 16,10°C au mois de Septembre.

La température moyenne du mois de septembre est très proche de celle relevée sur la station YON_07 pour le mois de septembre. Ce n'est pas le cas pour le mois d'août durant lequel la température moyenne du mois relevée sur la station YON_06 est 1,20 °C plus chaude que celle de YON_07.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds s'élève à 16,11°C, ce qui est parfaitement compatible avec les besoins physiologiques de la truite fario.

◆ YON_05 (Marigny-sur-Yonne)

La station YON_05 se situe 6,9 km en aval de la station YON_06, à Marigny sur Yonne. Elle est placée à 250m en aval de la confluence avec l'Anguisson, et donc de la limite entre la 1ère et la 2ème catégorie piscicole. Le tronçon entre les stations YON_06 et YON_05 comporte 3 ouvrages inscrits sur le ROE, ayant chacun des hauteurs de chute inférieures à 50 cm. La ripisylve est globalement continue, mais comporte des discontinuités ponctuelles.

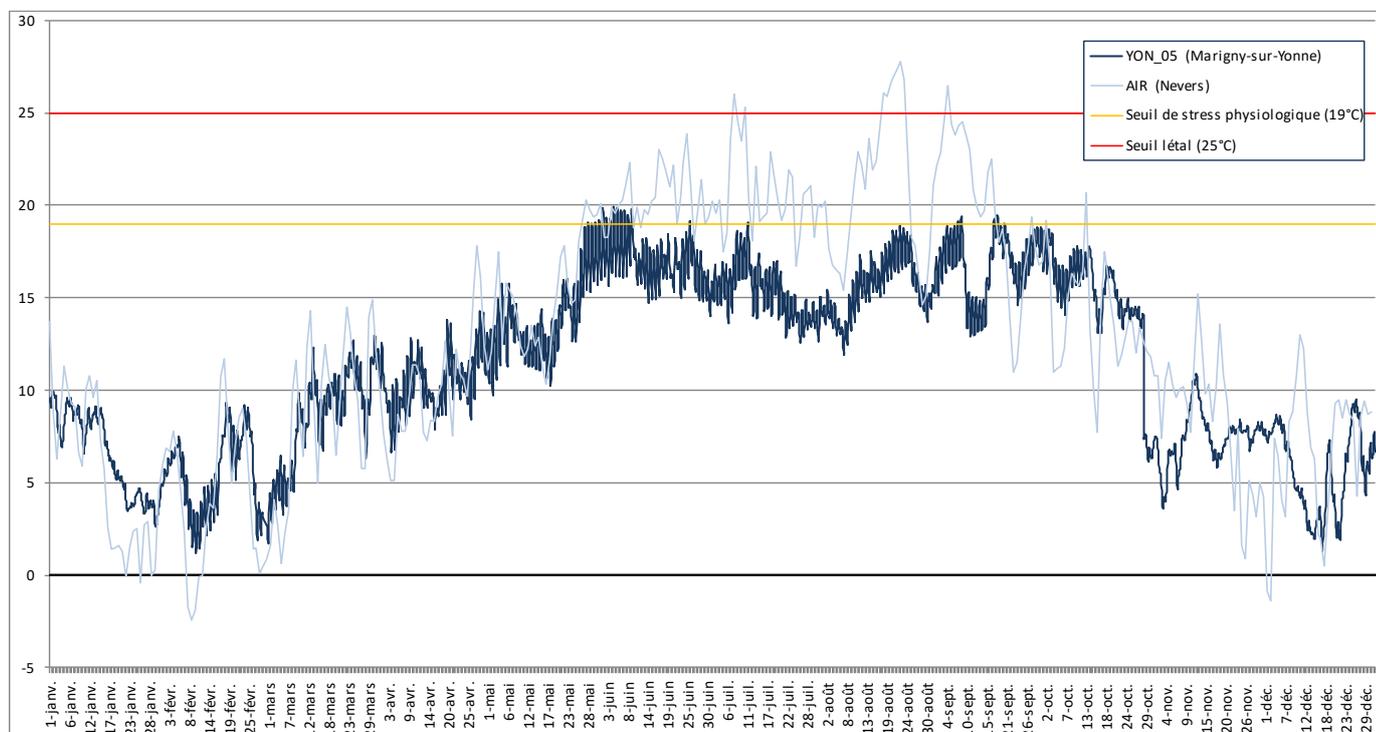


Figure 13 : Evolution des températures de la station YON_05 durant l'année 2023

Sur cette station, la température a atteint les 19°C dès le 29 mai. Des dépassements du seuil de stress physiologique de la truite ont également été enregistrés ponctuellement tout au long de la période estivale. Ce seuil des 19°C a été franchi 20 fois, pour un total de 114 heures passées au-dessus de cette barre, dont 10 heures consécutives.

La température maximale a été relevée le 4 juin à 16h avec 19,94°C. L'influence de la température de l'eau relâchée en aval de Pannecièrre est toujours importante sur cette station placée à 28 km du barrage. La température minimale est descendue à 1,21°C sur cette station le 10 février.

La température moyenne du mois le plus chaud est celle du mois de juin, qui atteint 17,08°C. Contrairement à l'année 2022, les températures moyennes du mois d'août et du mois de septembre présentent des différences importantes : 15,58°C de moyenne en août et 16,62°C en moyenne en septembre.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chaud s'élève à 17,27 °C et reste tout à fait compatible avec les besoins de la truite fario.

◆ Yon_04 (Cuzy)

La station YON_04 se situe à Cuzy, à 14,7 km en aval de la station YON_05. Sur le tronçon séparant cette station de la précédente, l'Yonne s'écoule dans des prairies et présente une ripisylve discontinue. 2 ouvrages d'envergures sont présents sur ce tronçon, la microcentrale du domaine de Mont et le moulin de Raveton.

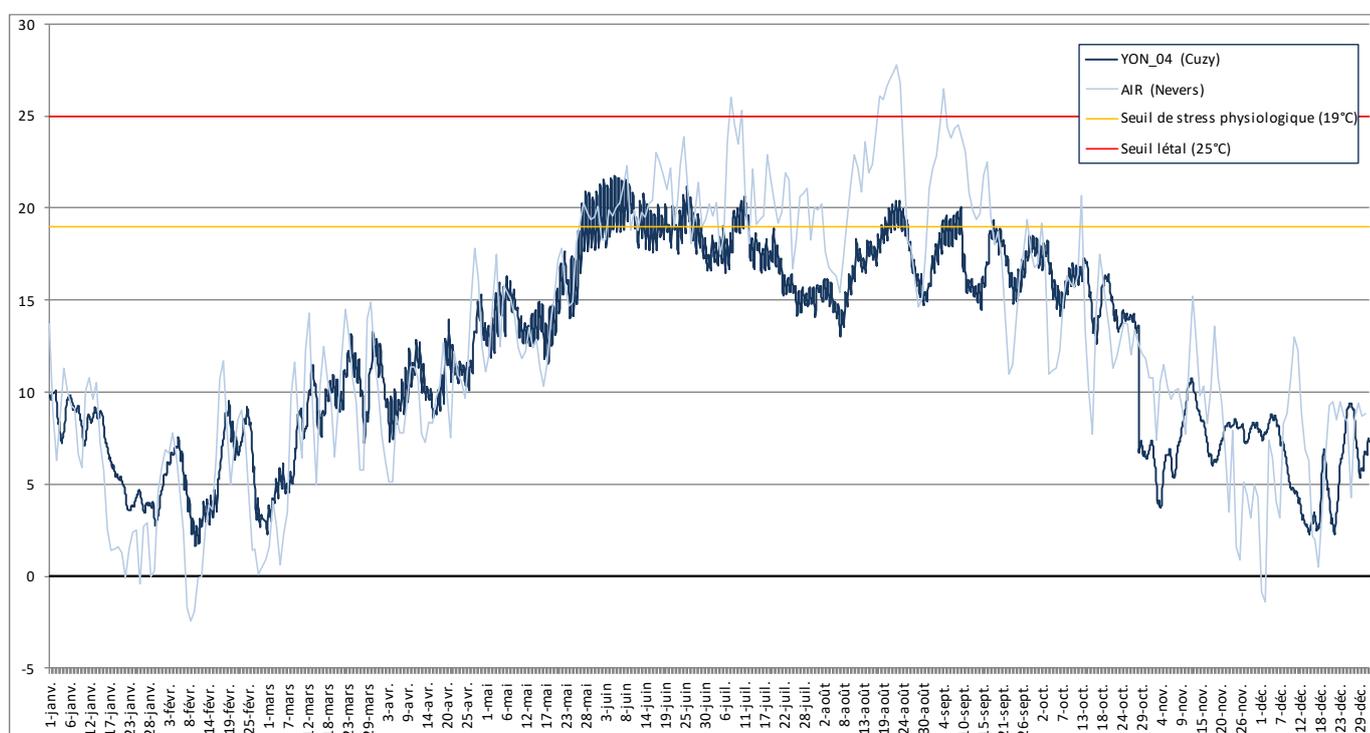


Figure 14 : Evolution des températures de la station YON_04 durant l'année 2023

Sur cette station la température a atteint les 19°C le 27 mai. La période qui a suivi allant jusqu'à la fin du mois de juin semble particulièrement chaude, avec des températures souvent au-dessus de 19 ou 20 °C.

Au total, le seuil des 19°C a été franchi 50 fois, pour 764 heures passées au-dessus de cette barre, dont 70 heures consécutives. Cette température élevée, en continue pendant un temps peut avoir des incidences négatives sur la survie de la truite fario.

La température maximale a été relevée le 5 juin à 16h avec 21,75°C. L'influence de la température de l'eau relâchée en aval de Pannecièrre est toujours palpable sur cette station placée à 28 km du barrage, notamment au mois d'août, durant lequel l'écart entre la température de l'eau et celle de l'air est très important. La température minimale est descendue à 1,64°C sur cette station 10 février.

La température moyenne du mois le plus chaud est celle du mois de juillet, avec 19,36°C.

Les 30 jours consécutifs les plus chauds présentent une température moyenne de 19,44°C.

Ces températures sont clairement incompatibles avec les exigences physiologiques de la truite fario.

◆ YON_03 (Chevroches)

La sonde YON_03 est située à Chevroches, à l'amont de Clamecy. Elle est distante de 21 km de la sonde YON_04. Sur ce linéaire se trouve différents ouvrages pouvant accentuer le réchauffement de l'eau : le moulin des Trois Quartes, le moulin d'Asnois, le moulin de brèves et enfin la prise d'eau de Villiers-sur-Yonne.

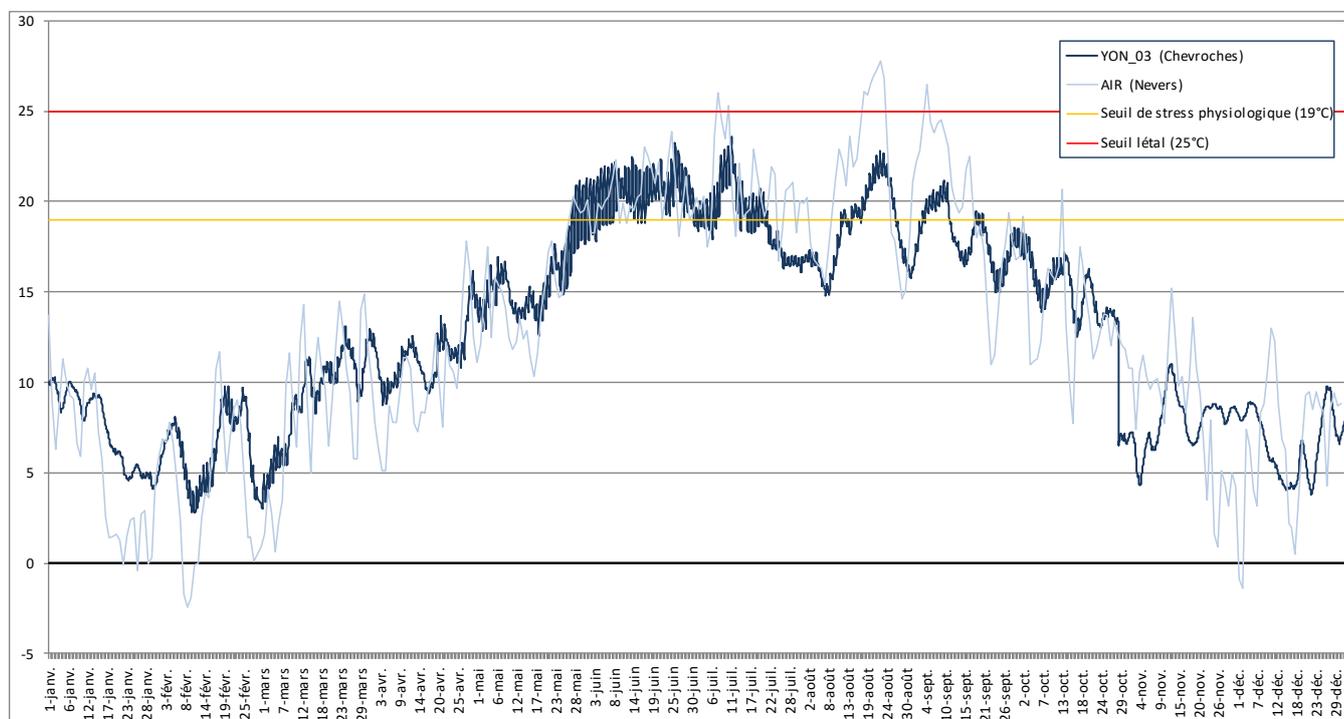


Figure 15 : Evolution des températures de la station YON_03 durant l'année 2023

La température minimale a été relevée le 11 février avec 2,82°C, alors que la température maximale a été atteinte le 11 juillet à 23,57 °C.

La température a donc largement dépassé le seuil de stress physiologique. Elle est restée 1598 heures au-dessus des 19°C, dont 330 heures consécutives, sans jamais atteindre les 25°C.

Même sans atteindre le seuil létal, les températures de l'eau ne sont donc pas compatibles avec les besoins de la truite fario. La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds le montre également avec 20,6°C.

Sur cette station, la température de l'eau est bien corrélée avec la température de l'air. L'influence sur la température de l'eau du cours d'eau au niveau de cette sonde est donc plus importante que l'influence du barrage de Pannecièrre.

La température moyenne du mois le plus chaud coïncide avec la température des 30 jours consécutifs les plus chaud, à 20,6°C au mois de juin.

◆ YON_02 (La Forêt)

Cette station se situe juste en aval de Clamecy et de ses connections entre l'Yonne et le canal du Nivernais. 7km la sépare de la station YON_03. Les températures ont été relevées entre mars et décembre.

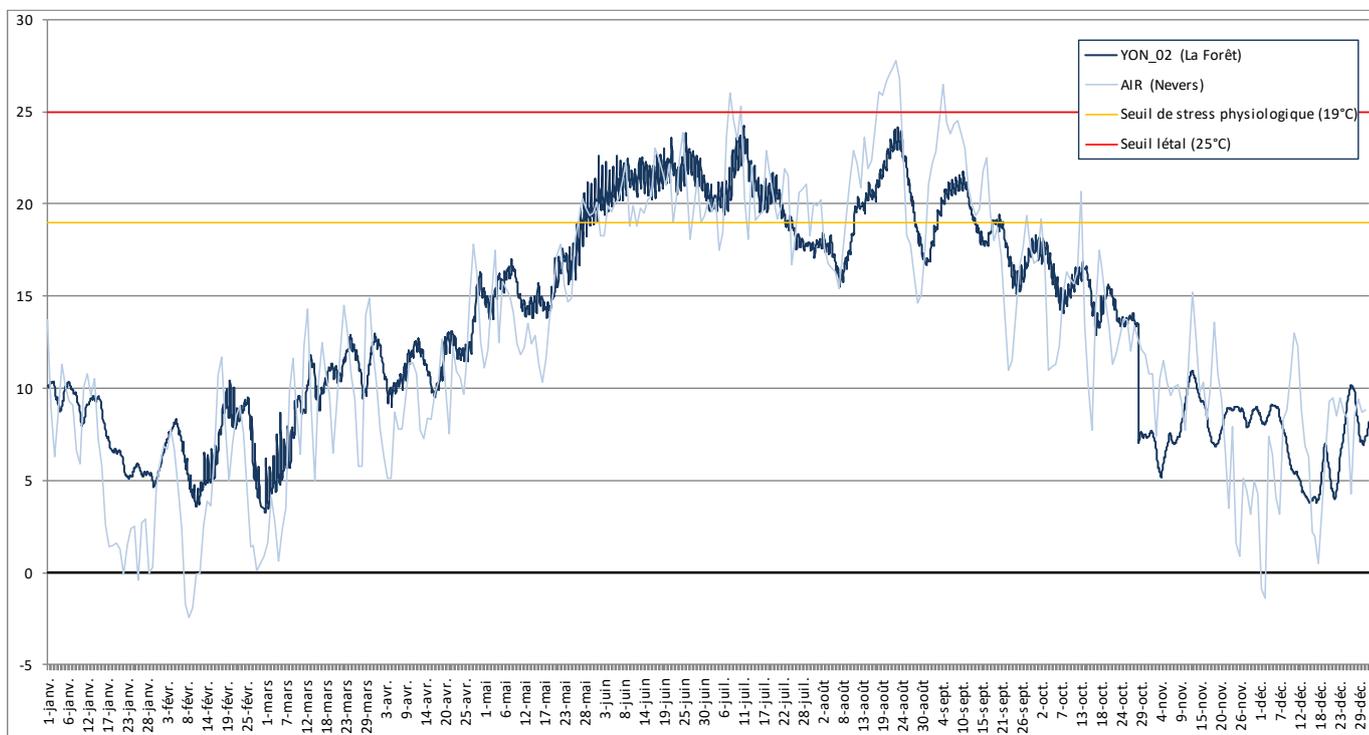


Figure 16 : Evolution des températures de la station YON_02 durant l'année 2023

Les températures ont varié entre 3,25°C le 1^{er} mars, et la température maximale de 24,24°C, atteinte le 12 juillet à 18h.

La température de l'eau est restée au-dessus de 19°C durant 2062 heures, dont 1272 heures consécutives. La température moyenne mensuelle est la plus élevée en juin avec 21,47°C, elle est ensuite de 20,19°C en juillet, 19,55°C en août et redescend à 18,31°C en septembre.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chaud s'établie à 21,6°C.

Comme attendu, la température de l'eau n'est clairement pas compatible avec les besoins physiologiques de la truite fario sur cette station.

◆ YON_01 (Pousseaux)

La station YON_01 se situe à 5,5 km en aval de la station YON_03, et environ 550 m en aval de la confluence avec le ruisseau d'Andruyes.

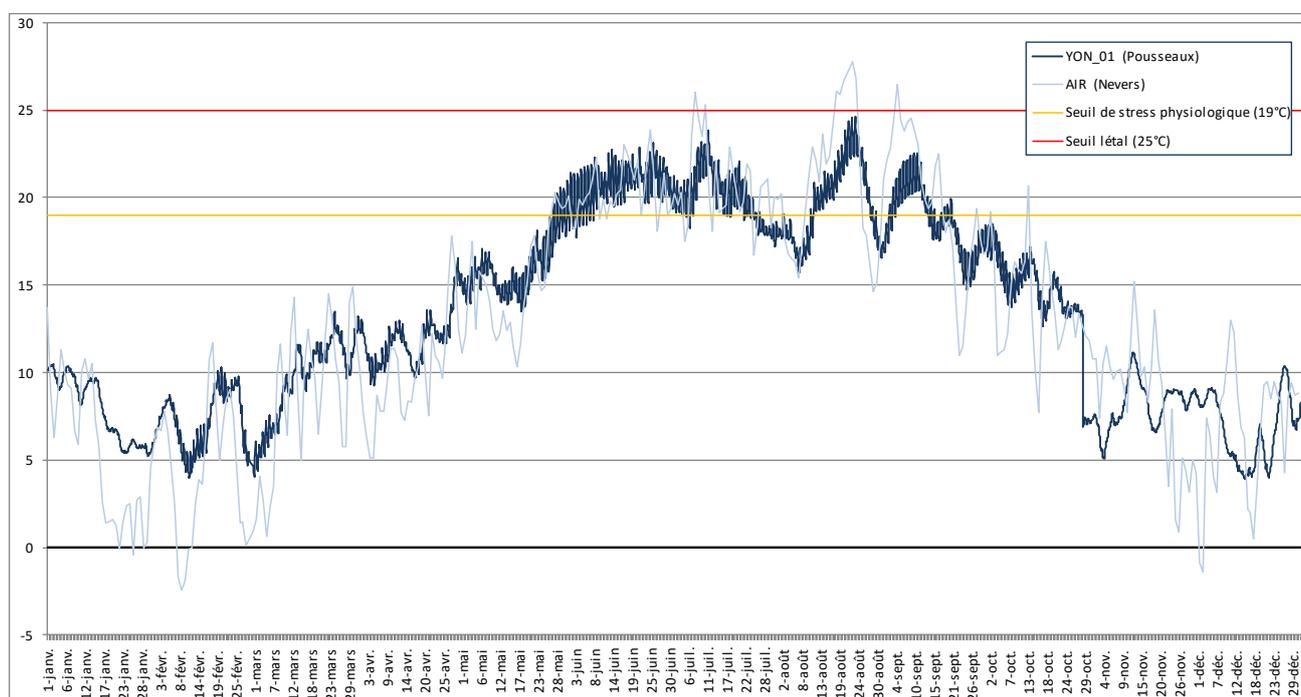


Figure 17 : Evolution des températures de la station YON_01 durant l'année 2023

La température minimale a été relevée avec 3,93°C le 15 décembre, alors que la température maximale (24,65°C) l'a été le 23 août.

La température est restée très élevée durant toute la période estivale, en restant au-dessus de 19°C pendant de très longues périodes consécutives, dont la plus longue s'est étendue sur 644 heures.

La température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de juin, avec 20,78°C.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds affiche 21,01°C.

Malgré l'arrivée de la Druyes à Surgy (issue d'importantes résurgences à l'eau fraîche), l'eau de l'Yonne est ici très chaude en été. Cette température importante s'explique par la distance à la source importante mais surtout par les connexions avec le canal du nivernais au niveau de Clamecy et de l'intersection avec le canal à basseville.

3.2.2 Résultats par zone

Les 10 stations de mesure de la température de l'eau vont être réparties en 3 groupes :

- Zone 2^{ème} catégorie piscicole : cette zone correspond au tronçon de l'Yonne en 2^{ème} catégorie piscicole, qui va de la confluence de l'Anguisson avec l'Yonne, jusqu'à la limite départementale à Pousseaux. Les stations concernées par cette zone sont les sondes YON_01 à YON_04.
- Zone 1^{ère} catégorie piscicole – Aval Pannecièrè : cette zone correspond au tronçon de l'Yonne en 1^{ère} catégorie piscicole située à l'aval du lac de Pannecièrè. Les stations concernées sont les sondes YON_05 à YON_08. Pour précision, la sonde YON_05 est située à l'aval immédiat de la confluence de l'Anguisson avec l'Yonne, donc au début de la 2^{ème} catégorie sur l'Yonne. Il a été décidé de placer cette sonde dans ce groupe car elle permet de mesurer la température à la sortie de la 1^{ère} catégorie piscicole.
- Zone 1^{ère} catégorie piscicole – Amont Pannecièrè : ce groupe correspond au tronçon de l'Yonne à l'amont du lac de Pannecièrè. Les stations concernées par ce groupe sont les sondes YON_09 et YON_10.

Suivi thermique de la rivière Yonne

Zonation des sondes thermiques

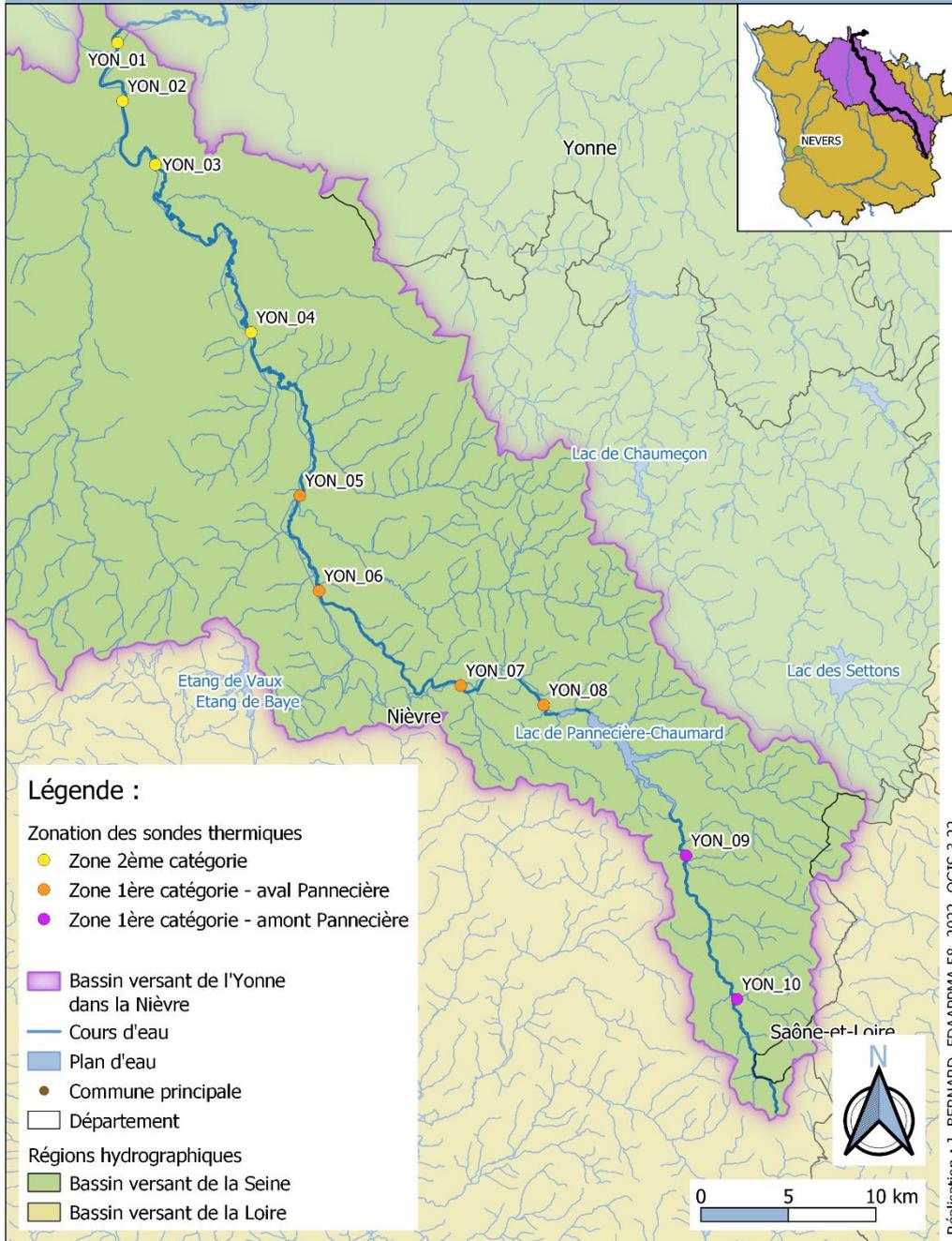
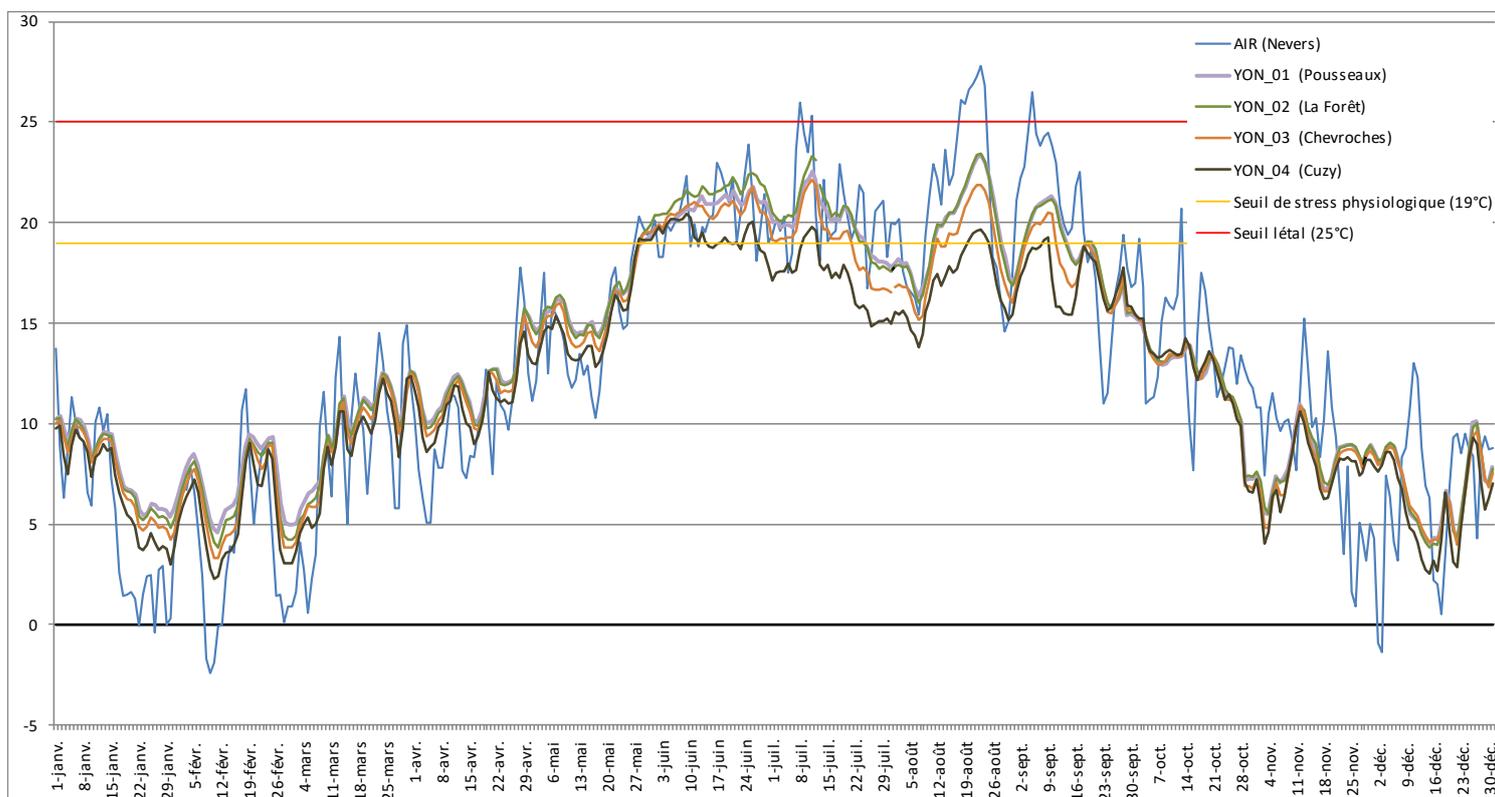


Figure 18 : Zonation des sondes thermiques

◆ Zone « 2^{ème} catégorie »



La figure ci-dessus permet de comparer les températures relevées aux différentes stations et la température de l'air, relevée à la station météorologique de Nevers.

La température de l'eau suit globalement l'évolution de la température de l'air sur toutes les stations, en atténuant bien sur l'amplitude des variations.

On observe que les températures relevées sur YON_01 et YON_02 sont très proches, voir identiques, les courbes se confondent la majorité de l'année.

Sur les autres stations, les écarts sont plus ou moins important en fonction des saisons. En hivers, un gradient de température semble se dessiner avec des températures plus chaudes vers l'aval. La température de YON-04 se dégage, en affichant un écart avec YON_01 pouvant aller jusqu'à 2°C.

Sur la période de printanière, allant du mois de mars au début du mois de juin, les températures évoluent conjointement en suivant l'augmentation de la température de l'air.

La période estivale est celle qui montre la plus grande disparité. A partir du 10 juin et jusqu'au 20 septembre, un gradient de température important se met en place d'amont en aval.

Entre YON_04 et YON_03, la température moyenne du mois de juin passe de 19,36°C à 20,06°C, donc un réchauffement de 0,7°C sur les 21 km qui séparent les stations, soit un réchauffement de **0.03°C par kilomètre** de cours d'eau.

Entre YON_03 et YON_02, la température moyenne du mois de juin passe de 20,06°C à 21,41°C, soit un réchauffement de 1,35°C sur les 7 km qui séparent les stations, soit un réchauffement de **0.19°C par kilomètre** de cours d'eau. Le réchauffement est donc très marqué entre YON_03 et YON_02, ce qui s'explique par la présence des empellements de Clamecy et des connexions importantes avec le canal qui s'y trouvent.

Entre YON_02 et YON_01, les températures sont sensiblement identiques

| Mois | Janv. 2023 | févr. 2023 | mars 2023 | avr. 2023 | mai 2023 | juin 2023 | juil. 2023 | août 2023 | sept. 2023 | oct. 2023 | nov. 2023 | déc. 2023 |
|--------|------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| YON_01 | 7,85 °C | 7,23 °C | 9,59 °C | 11,91 °C | 16,02 °C | 20,78 °C | 20, °C | 19,63 °C | 18,34 °C | 12,65 °C | 8,14 °C | 6,78 °C |
| YON_02 | 7,65 °C | 6,77 °C | 9,37 °C | 11,78 °C | 16,1 °C | 21,47 °C | 20,19 °C | 19,55 °C | 18,31 °C | 12,8 °C | 8,18 °C | 6,74 °C |
| YON_03 | 7,33 °C | 6,29 °C | 9,06 °C | 11,47 °C | 15,62 °C | 20,6 °C | 19, °C | 18,46 °C | 17,77 °C | 12,63 °C | 7,83 °C | 6,66 °C |
| YON_04 | 6,64 °C | 5,58 °C | 8,62 °C | 10,93 °C | 15,1 °C | 19,36 °C | 17,12 °C | 16,89 °C | 17,09 °C | 12,72 °C | 7,51 °C | 5,88 °C |

Figure 20 : Comparaison des température moyenne mensuelle de 2023

L'écart entre les températures des différentes stations se réduit à la fin de la période estivale, à la mi-septembre, où les températures de l'eau des stations entament une diminution marquée à la suite de la chute des températures de l'air.

◆ Zone « 1^{ère} catégorie – Aval Pannecièrre »

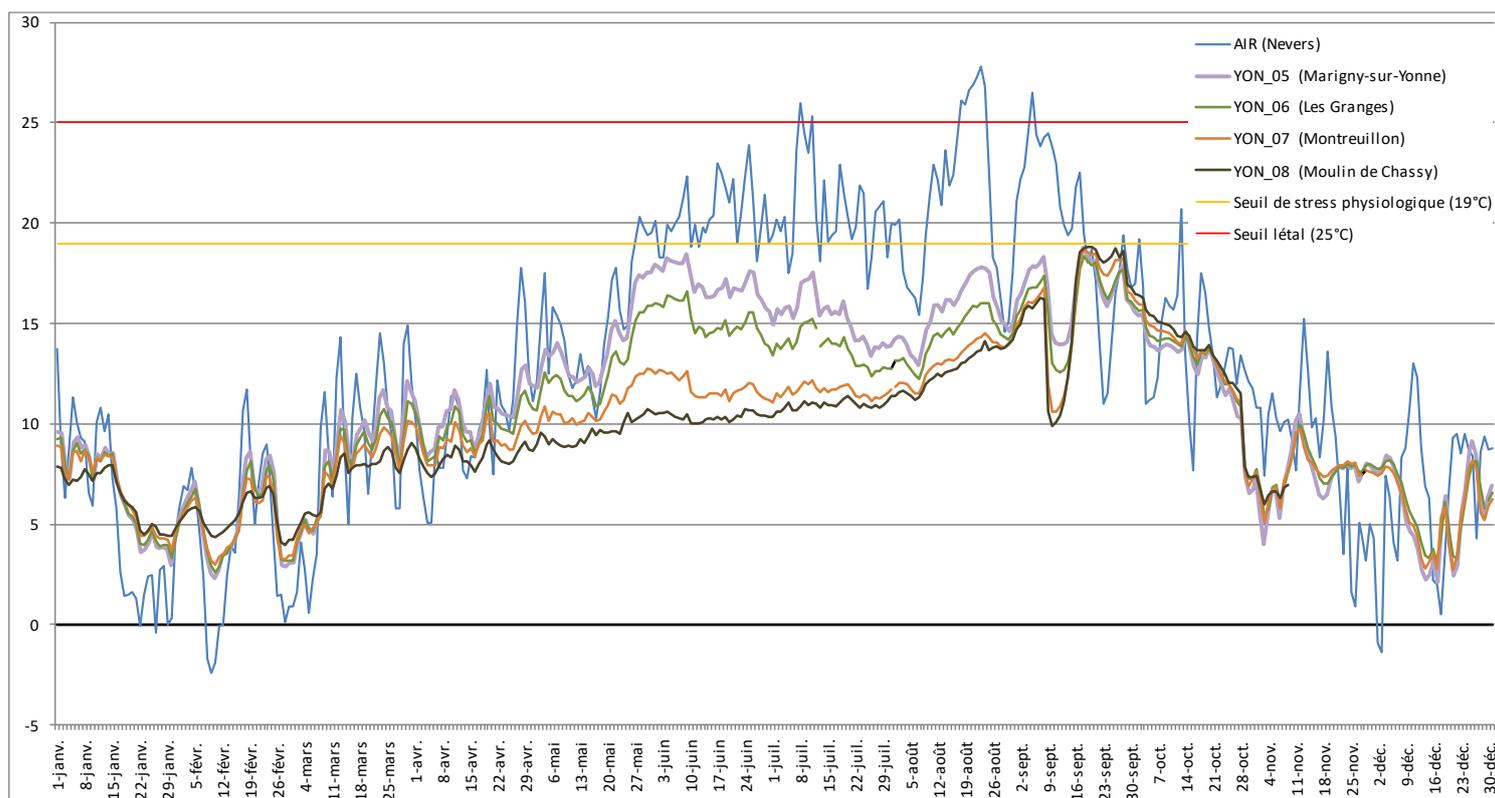


Figure 21 : comparaison de l'évolution des températures en 2023 à l'aval de Pannecièrre

| Mois | janv. 2023 | févr. 2023 | mars 2023 | avr. 2023 | mai 2023 | juin 2023 | juill. 2023 | août 2023 | sept. 2023 | oct. 2023 | nov. 2023 | déc. 2023 |
|--------|------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| YON_05 | 6,52 °C | 5,42 °C | 8,48 °C | 10,42 °C | 13,86 °C | 17,08 °C | 15,27 °C | 15,58 °C | 16,62 °C | 12,93 °C | 7,41 °C | 5,68 °C |
| YON_06 | 6,54 °C | 5,32 °C | 8,03 °C | 9,81 °C | 12,6 °C | 15,16 °C | 13,72 °C | 14,36 °C | 16,1 °C | 13,29 °C | 7,64 °C | 5,93 °C |
| YON_07 | 6,62 °C | 5,16 °C | 7,66 °C | 9,13 °C | 10,87 °C | 11,81 °C | 11,61 °C | 13,16 °C | 15,91 °C | 13,5 °C | 7,59 °C | 5,64 °C |
| YON_08 | 6,33 °C | 5,48 °C | 7,26 °C | 8,3 °C | 9,54 °C | 10,35 °C | 10,93 °C | 12,74 °C | 15,96 °C | 13,8 °C | 6,64 °C | #DIV/0! |

Figure 22 : comparaison des températures moyennes mensuelles en 2023 à l'aval de Pannecièrre

Les températures relevées sur les stations YON_05 à YON_08 sont très influencées par la présence du barrage de Pannecièrre, qui restitue une eau froide en toute saison du fait de la profondeur importante de la prise d'eau de la turbine et de la bonde de restitution.

Sur les mois de janvier et février, il n'y a pas réellement de différence de température entre les stations. Un gradient de température est visible à partir du mois de mars, avec 1,22°C d'écart entre la température moyenne de YON_08 et celle de YON_05. Ces stations étant distantes de 26,2 km, le réchauffement reste modéré 0,05°C par km.

En avril, mai et juin, l'écart de température ne fait que s'amplifier pour atteindre 6,7°C de plus sur YON_05 que sur YON_08 pour la température moyenne du mois de juin, ce qui représente un réchauffement de 0,25°C par km.

A partir de la mi-juin et jusqu'au début du mois d'août, on observe une diminution de la température de l'eau sur les stations YON_05 et YON_06, alors que la température de l'eau sur YON_07 stagne et que celle de YON_08 augmente.

Ces observations sont à première vue contradictoires, la température de l'air étant maximale au mois de juillet, avec des pics approchant les 30°C en température moyenne journalière, le réchauffement de l'eau sur les stations les plus aval devraient être maximal, d'autant plus que la température de l'eau restituée en aval du barrage de Pannecière augmente graduellement.

Ce paradoxe peut probablement s'expliquer par la mise en œuvre du soutient d'étiage en aval de Pannecière.

COURBE D'EXPLOITATION DU LAC-RESERVOIR PANNECIERE

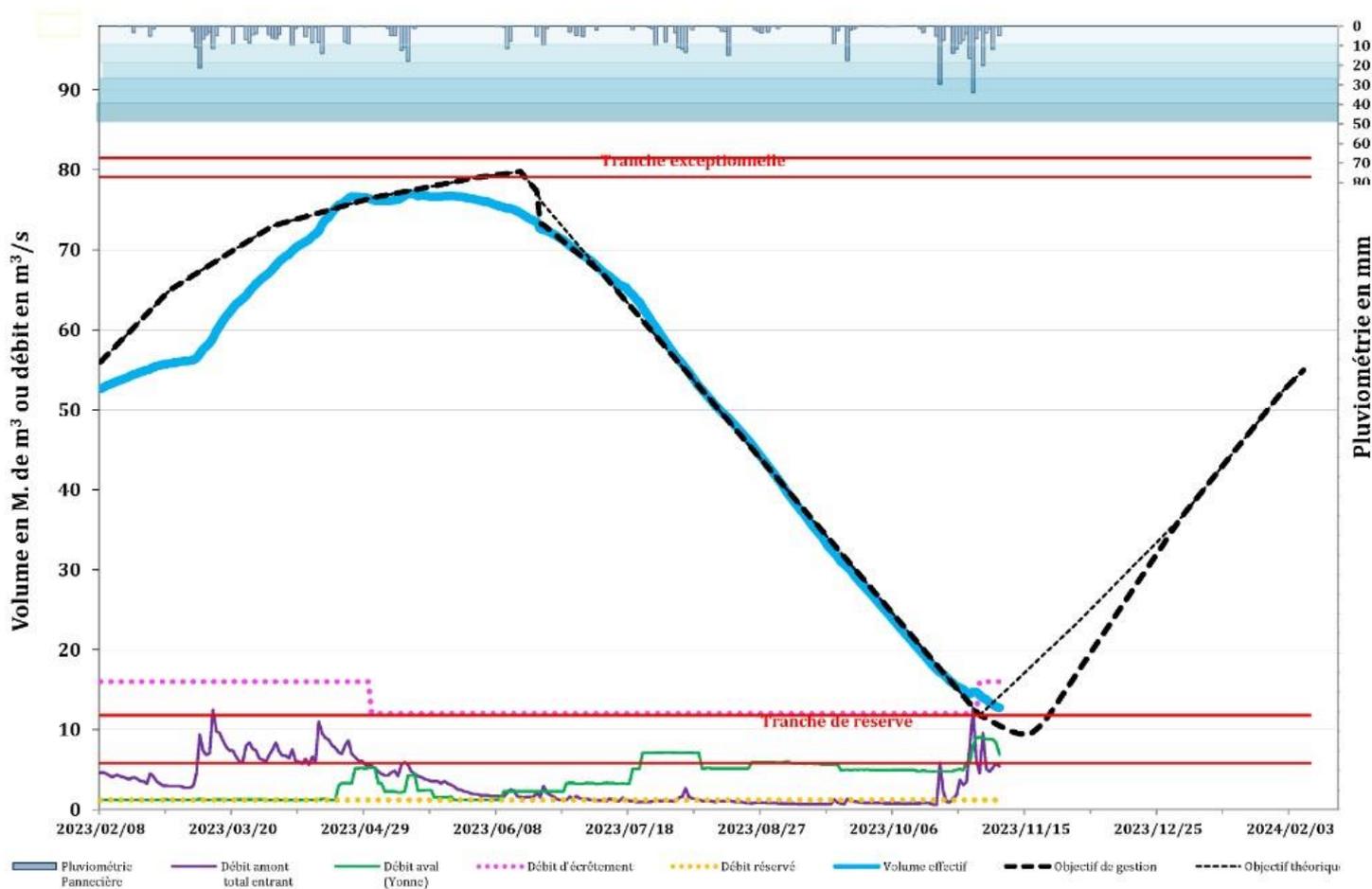


Figure 23 : Coubre d'exploitation du Lac de Pannecière, source : EPTB Seine Grands lacs

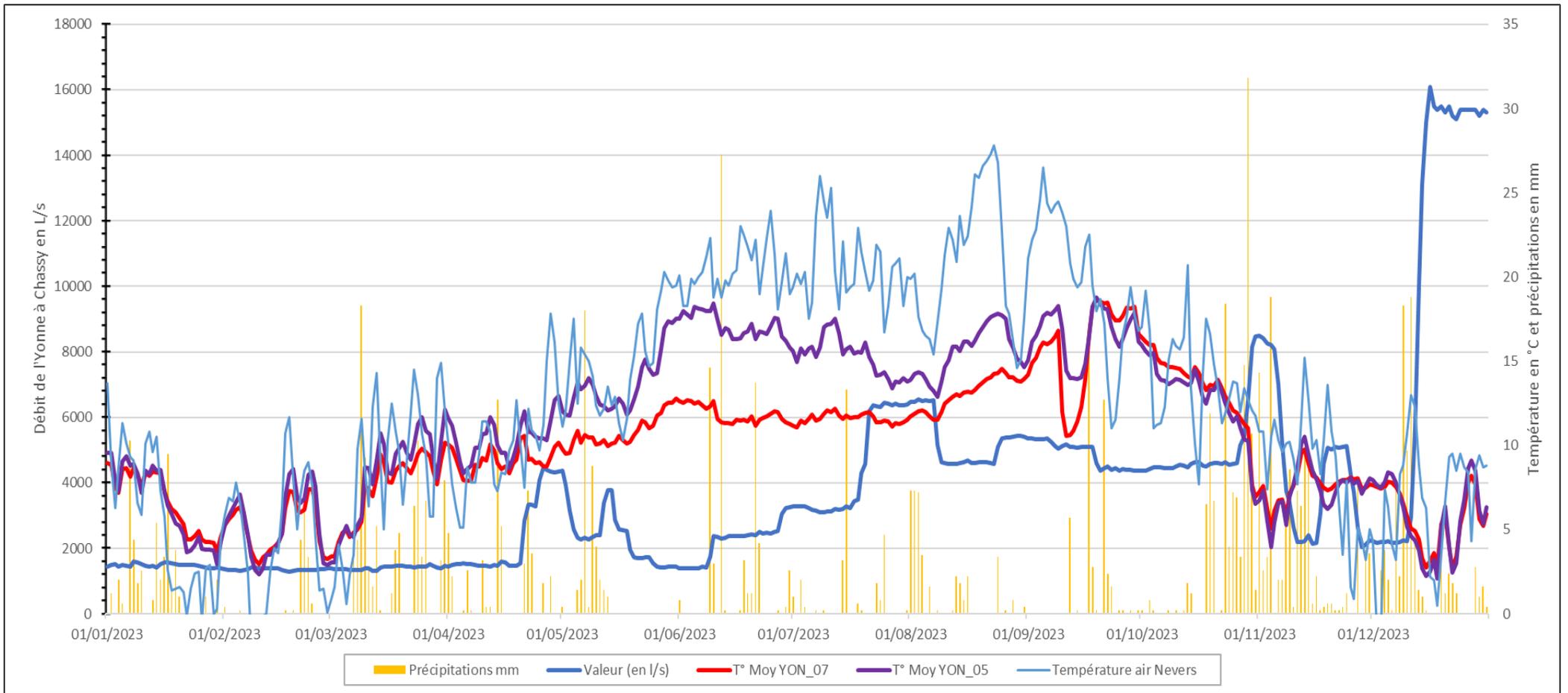


Figure 24 : Comparaison du débit de l'Yonne à Chassy et des précipitations à Nevers avec la température de l'air à Nevers et les températures relevée sur les stations YON_07 et YON_05 sur l'année 2024

Les données débit de l'Yonne à Chassy sont issues de l'HydroPortail d'eaufrance : <https://hydro.eaufrance.fr/>

Les figure 23 et 24 nous montre que le remplissage du lac n'a pas été atteint complètement en printemps 2023. Après une période de déficit marqué par rapport à la courbe de remplissage théorique au sortir de l'hiver, les pluies du printemps ont permis de rattraper et même dépasser légèrement la courbe de remplissage théorique. Des lâchers d'eau ont donc eu lieu entre le 21 avril et le 18 mai afin de rester au plus proche de la courbe de remplissage.

Ces lâchers d'eau printaniers ne semblent pas avoir une incidence majeure sur la température de l'Yonne.

Le soutien d'étiage débute le 10 juin. Cette date correspond à la fois avec une baisse des températures et avec des précipitations relativement importantes (15 mm). La température de l'eau sur YON_07 diminue alors de 1°C alors qu'elle perd 2°C sur YON_05.

La température sur la station YON_07 reste ensuite stable jusqu'au 9 août, en dépit des variations de température de l'air, qui oscille autour des 20°C en température moyenne journalière.

La température de l'eau sur la station YON_05 semble elle bien être affectée par le débit restitué en aval du barrage :

- du 28 juin au 18 juillet, le débit passe à 3,5 m²/s, ce qui fait diminuer la température de YON_07 d'environ 1,5 °C.
- du 20 juillet au 9 août, le débit est d'environ 6,5 m²/s, ce qui fait diminuer de nouveau la température de la station YON_07 de 1,6°C.

Ainsi, le 31 juillet, alors que la température moyenne de l'air est de 20,0 °C, la température de l'eau sur YON_07 est de 11,52°C et seulement de 13,81°C sur YON_05. A cette date, le réchauffement n'est donc que de 2,3°C sur les 19,9 km qui séparent les 2 stations, soit 0,115 °C par km, et ce au milieu de la période estivale.

Du 9 août au 10 septembre, l'écart entre les températures relevées sur toutes les stations se réduit à mesure que la température relevée sur YON_08 augmente.

Ce phénomène a déjà été observé les années précédentes. L'augmentation de la température de l'eau restitué en aval du lac est probablement en lien avec la diminution du niveau du lac, rapprochant le niveau de la prise d'eau de la surface.

La température de l'eau chute sur toute les stations le 10 septembre. Cette chute est d'autant plus marquée que la station se situe près du barrage. Cette chute importante de la température est certainement liée à un changement du mode de restitution de l'eau en aval de Pannecière.

Les températures reprennent ensuite des valeurs plus habituelles à partir du 19 septembre. Elles baissent progressivement sur toutes les stations jusqu'au 28 octobre, avec une inversion du gradient de température, les stations situées les plus à l'amont ayant une eau plus chaude.

Une nouvelle rupture se produit entre le 28 et le 29 octobre : la température relevée sur les toute les stations baissent très brusquement, sans lien apparent avec la température de l'air.

Cet évènement correspond cependant à de fortes précipitations et une augmentation importante du débit mesuré à Chassy.

A partir du mois de novembre, la température de l'eau semble assez peu corrélée à la température de l'air. Les précipitations abondantes et quasi-journalière sont probablement à l'origine de ce phénomène.

Si les températures de l'eau du début d'hivers 2023/2024 sont bien compatibles avec la reproduction de la truite fario et le développement des embryons, cela ne garantit pas la réussite de la fraie sur l'Yonne. On constate en effet une augmentation très forte et brutale du débit, qui passe de 2900 L/s le 11 décembre, à 15 000 L/s le 15 décembre.

Une augmentation si brusque et le débit élevé qui a été atteint sont susceptibles d'avoir mobilisé les sédiments du cours d'eau et donc « lavé » les frayères, les œufs partant dans le courant.

◆ Zone « 1^{ère} Catégorie – Amont Pannecièrre »

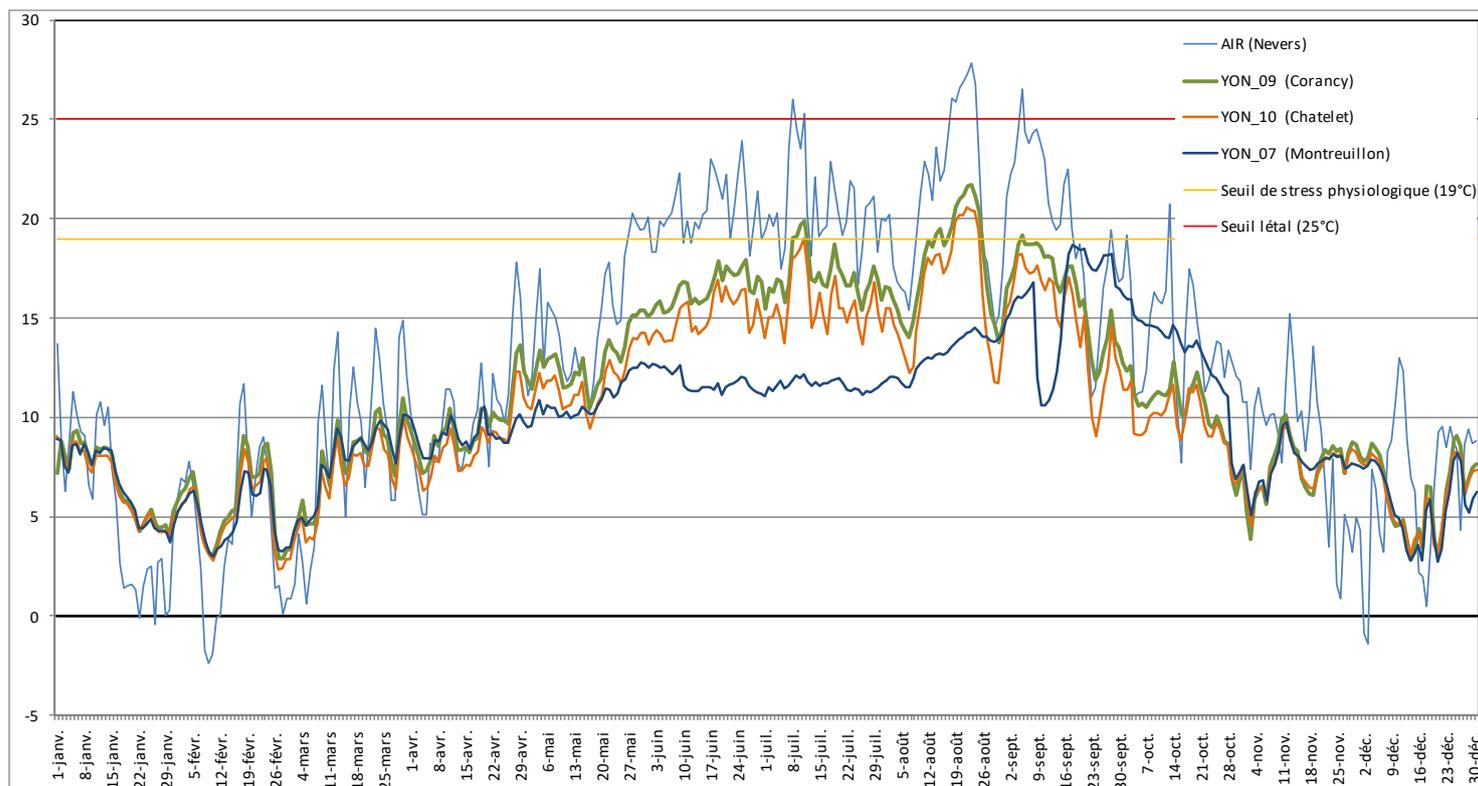


Figure 25 : Evolution de la température sur les stations amont et comparaison avec les températures de l'air et aval

La figure précédente permet de comparer l'évolution de la température relevées sur les stations amont avec la température de l'air et la température relevée à l'aval. Pour comparaison avec l'aval du barrage, la température de la station YON-07 est également affichée.

| Mois | Janv. 2023 | févr. 2023 | mars 2023 | avr. 2023 | mai 2023 | juin 2023 | juill. 2023 | août 2023 | sept. 2023 | oct. 2023 | nov. 2023 | déc. 2023 |
|--------|------------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| YON_09 | 6,65 °C | 5,78 °C | 7,66 °C | 9,54 °C | 12,82 °C | 16,43 °C | 17,16 °C | 17,66 °C | 16,21 °C | 10,69 °C | 7,56 °C | 6,17 °C |
| YON_10 | 6,5 °C | 5,3 °C | 6,91 °C | 8,64 °C | 11,74 °C | 15,09 °C | 15,67 °C | 16,28 °C | 14,82 °C | 9,92 °C | 7,45 °C | 5,98 °C |

Figure 26 : comparaison des températures moyennes mensuelles de 2023

Les températures relevées sur les stations YON_09 et YON_10 sont largement dépendantes de la température de l'air, comme le montre la forte corrélation observable sur la figure 25.

Les températures relevées à Corancy (YON_09) sont toujours plus importantes que celles de YON_10, située 10,5 km à l'amont. La température moyenne mensuelle du mois le plus chaud (août) est de 16,28°C sur YON_10 et de 17,66°C sur YON_09, soit un réchauffement moyen de 1,38 °C entre les deux stations, ce qui correspond à 0,13°C par km.

La comparaison avec la station YON_07 met en évidence les perturbations induites sur la thermie de l'Yonne par le barrage, l'eau étant plus froide en été et plus chaude en automne.

On observe que les températures sont très similaires entre l'amont et l'aval du barrage à partir du mois de novembre, ce qui tend à conforter l'hypothèse selon laquelle les précipitations importantes jouent un rôle majeur sur la température du cours d'eau à cette période.

3.3 Comparaison interannuelle et évolution des températures.

3.3.1 Résultats par stations

◆ YON_10 (Chatelet)

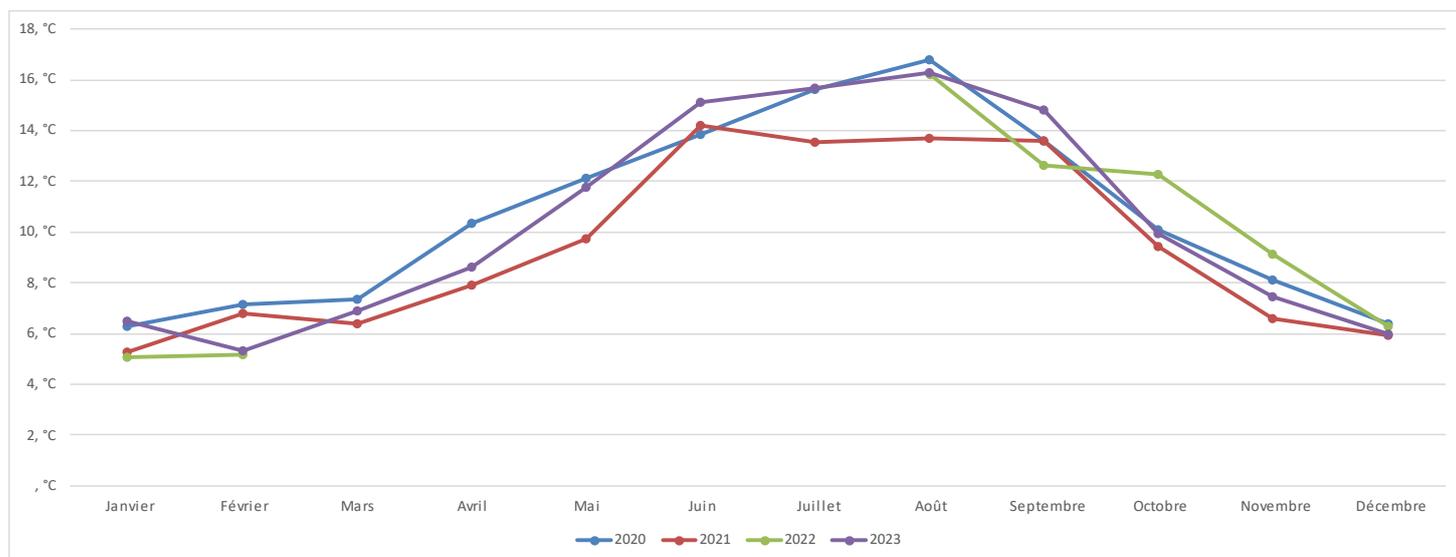


Figure 27 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_10

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 10,96 °C | 6,3 °C | 7,12 °C | 7,35 °C | 10,36 °C | 12,14 °C | 13,82 °C | 15,63 °C | 16,81 °C | 13,57 °C | 10,08 °C | 8,1 °C | 6,39 °C |
| 2021 | 9,43 °C | 5,26 °C | 6,77 °C | 6,41 °C | 7,9 °C | 9,73 °C | 14,22 °C | 13,54 °C | 13,67 °C | 13,61 °C | 9,41 °C | 6,58 °C | 5,95 °C |
| 2022 | | 5,06 °C | 5,16 °C | | | | | | 16,21 °C | 12,63 °C | 12,28 °C | 9,11 °C | 6,31 °C |
| 2023 | 10,38 °C | 6,5 °C | 5,3 °C | 6,91 °C | 8,64 °C | 11,74 °C | 15,09 °C | 15,67 °C | 16,28 °C | 14,82 °C | 9,92 °C | 7,45 °C | 5,98 °C |
| Moyenne | 10,25 °C | 5,78 °C | 6,09 °C | 6,89 °C | 8,96 °C | 11,2 °C | 14,38 °C | 14,95 °C | 15,74 °C | 13,66 °C | 10,42 °C | 7,81 °C | 6,16 °C |

Sur l'année 2023, la température de l'eau de l'Yonne sur la station YON_10 a été en moyenne bien supérieure à celle relevée en 2021.

Sur le printemps, la température moyenne des mois de mars, avril et mai se situaient entre celle de 2020 et 2021.

Les températures moyennes de juillet et août 2020 et 2023 sont similaires.

◆ YON_09 (Corancy)

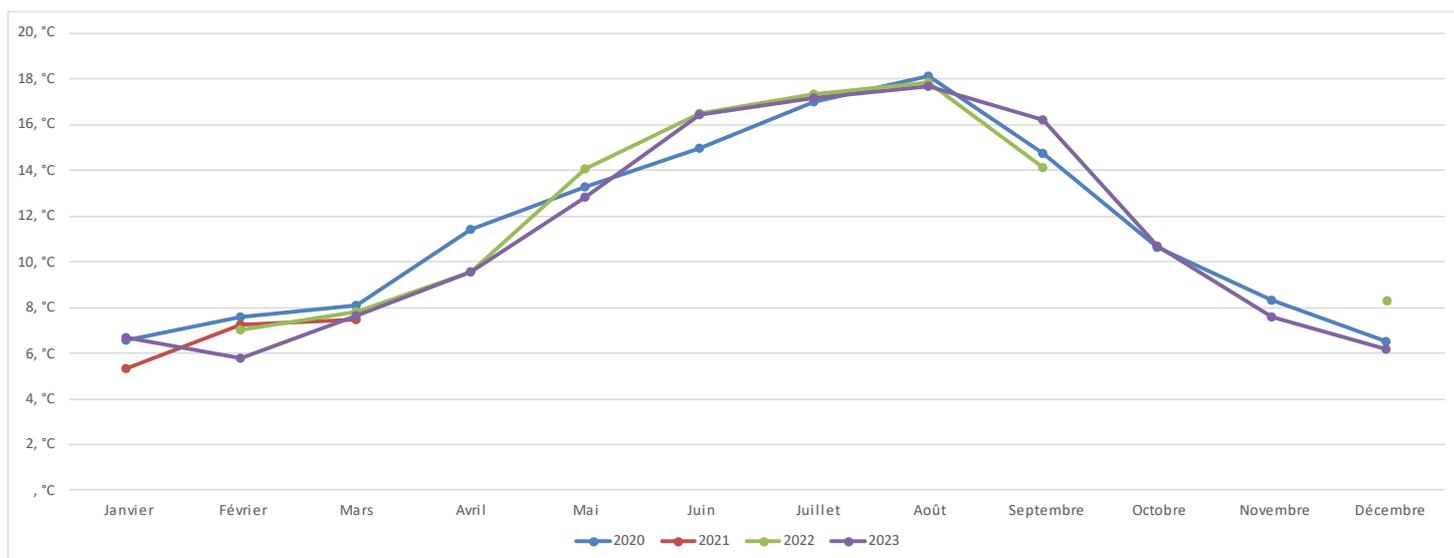


Figure 28 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_09

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 11,8 °C | 6,56 °C | 7,61 °C | 8,08 °C | 11,43 °C | 13,29 °C | 14,98 °C | 17,02 °C | 18,14 °C | 14,76 °C | 10,65 °C | 8,34 °C | 6,51 °C |
| 2021 | | 5,35 °C | 7,23 °C | 7,47 °C | | | | | | | | | |
| 2022 | | | 6,99 °C | 7,82 °C | 9,56 °C | 14,09 °C | 16,51 °C | 17,33 °C | 17,86 °C | 14,15 °C | | | |
| 2023 | 11,21 °C | 6,65 °C | 5,78 °C | 7,66 °C | 9,54 °C | 12,82 °C | 16,43 °C | 17,16 °C | 17,66 °C | 16,21 °C | 10,69 °C | 7,56 °C | 6,17 °C |

Sur la station YON_09, la température moyenne mensuelle de l'eau sur l'année 2023 est très similaire à celle de 2022.

Le mois le plus chaud est comme chaque année sur cette station le mois d'Aout, avec 17,66°C en 2023, ce qui est similaire aux 17,86°C de 2022, mais légèrement inférieur à 2020.

Le mois de septembre est resté chaud, avec 2,06 °C en 2023 qu'en 2022, c'est le plus chaud mois de septembre enregistré sur la station.

La chronique de données étant complète, nous pouvons calculer la température moyenne annuelle, qui est de 11,21 °C, et qui est inférieure à celle de l'année 2020, qui était de 11,8°C.

◆ YON_08 (Moulin de Chassy)

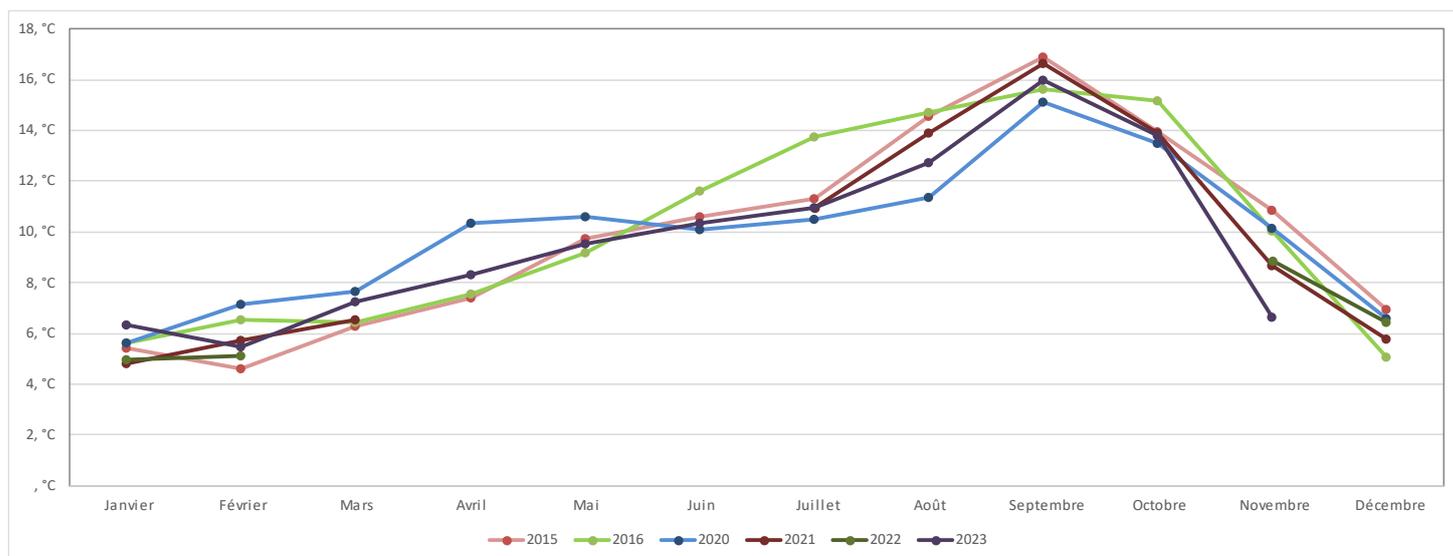


Figure 29 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_08

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2014 | | | | | | | 10,06 °C | 10,19 °C | 12,82 °C | 17,23 °C | 16,03 °C | 11,01 °C | 7,1 °C |
| 2015 | 9,91 °C | 5,43 °C | 4,59 °C | 6,31 °C | 7,42 °C | 9,72 °C | 10,58 °C | 11,32 °C | 14,56 °C | 16,88 °C | 13,95 °C | 10,85 °C | 6,93 °C |
| 2016 | 10,11 °C | 5,63 °C | 6,52 °C | 6,42 °C | 7,53 °C | 9,17 °C | 11,63 °C | 13,75 °C | 14,69 °C | 15,64 °C | 15,16 °C | 10,06 °C | 5,04 °C |
| 2017 | | 3,22 °C | 5,17 °C | | | | | | | | | | |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | 10,19 °C | 5,62 °C | 7,12 °C | 7,67 °C | 10,33 °C | 10,58 °C | 10,11 °C | 10,5 °C | 11,36 °C | 15,12 °C | 13,51 °C | 10,16 °C | 6,57 °C |
| 2021 | 10, °C | 4,82 °C | 5,72 °C | 6,54 °C | | | | 10,97 °C | 13,91 °C | 16,62 °C | 13,9 °C | 8,69 °C | 5,78 °C |
| 2022 | | 4,95 °C | 5,13 °C | | | | | | | | | 8,88 °C | 6,43 °C |
| 2023 | | 6,33 °C | 5,48 °C | 7,26 °C | 8,3 °C | 9,54 °C | 10,35 °C | 10,93 °C | 12,74 °C | 15,96 °C | 13,8 °C | 6,64 °C | |
| Moyenne | 10,05 °C | 5,14 °C | 5,68 °C | 6,84 °C | 8,39 °C | 9,75 °C | 10,67 °C | 11,49 °C | 13,45 °C | 16,05 °C | 14,06 °C | 9,21 °C | 6,15 °C |

Sur la Station YON_08, la température moyenne de l'eau est restée à des valeurs usuelles pour tous les mois de l'année, à l'exception du mois de novembre, qui présente la température la plus basse enregistrée pour ce mois depuis le début du suivi.

Avec 6,64°C de température moyenne, le mois de novembre 2023 est plus de 2°C inférieur à la température moyenne du mois de novembre 2022. L'écart avec la température moyenne des mois de novembre depuis le début du suivi (qui est de 9,57°C) est de presque 3°C.

Sur cette station, le mois le plus chaud est septembre, avec une température moyenne de 15,96°C, ce qui est dans la moyenne des autres années.

◆ YON_07 (Montreuillon)

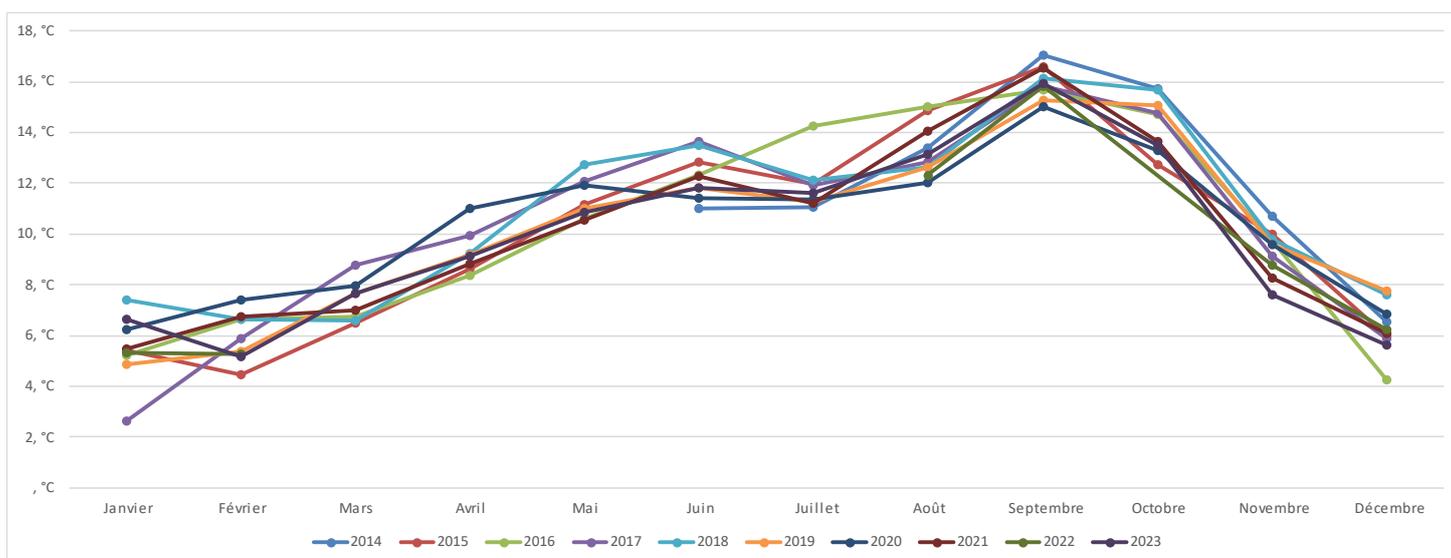


Figure 30 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_07

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2014 | | | | | | | 11, °C | 11,03 °C | 13,38 °C | 17,05 °C | 15,75 °C | 10,69 °C | 6,55 °C |
| 2015 | 10,11 °C | 5,4 °C | 4,46 °C | 6,46 °C | 8,6 °C | 11,13 °C | 12,82 °C | 11,98 °C | 14,86 °C | 16,61 °C | 12,73 °C | 9,98 °C | 5,98 °C |
| 2016 | 10,3 °C | 5,2 °C | 6,65 °C | 6,75 °C | 8,37 °C | 10,6 °C | 12,33 °C | 14,23 °C | 15,03 °C | 15,68 °C | 14,69 °C | 9,75 °C | 4,26 °C |
| 2017 | 10,29 °C | 2,61 °C | 5,86 °C | 8,75 °C | 9,92 °C | 12,09 °C | 13,63 °C | 11,93 °C | 12,82 °C | 15,83 °C | 14,77 °C | 9,13 °C | 5,89 °C |
| 2018 | 10,84 °C | 7,38 °C | 6,64 °C | 6,57 °C | 9,23 °C | 12,72 °C | 13,5 °C | 12,11 °C | 12,61 °C | 16,11 °C | 15,67 °C | 9,77 °C | 7,59 °C |
| 2019 | 10,14 °C | 4,88 °C | 5,35 °C | 7,63 °C | 9,18 °C | 10,99 °C | 11,8 °C | 11,26 °C | 12,61 °C | 15,27 °C | 15,07 °C | 9,6 °C | 7,76 °C |
| 2020 | 10,35 °C | 6,21 °C | 7,4 °C | 7,94 °C | 11, °C | 11,93 °C | 11,43 °C | 11,34 °C | 12,03 °C | 15, °C | 13,31 °C | 9,57 °C | 6,85 °C |
| 2021 | 10,07 °C | 5,48 °C | 6,72 °C | 6,99 °C | 8,83 °C | 10,57 °C | 12,27 °C | 11,21 °C | 14,07 °C | 16,53 °C | 13,65 °C | 8,29 °C | 6,08 °C |
| 2022 | | 5,33 °C | 5,27 °C | | | | | | 12,33 °C | 15,83 °C | | 8,75 °C | 6,25 °C |
| 2023 | 10,2 °C | 6,62 °C | 5,16 °C | 7,66 °C | 9,13 °C | 10,87 °C | 11,81 °C | 11,61 °C | 13,16 °C | 15,91 °C | 13,5 °C | 7,59 °C | 5,64 °C |
| Moyenne | 10,29 °C | 5,46 °C | 5,94 °C | 7,34 °C | 9,28 °C | 11,36 °C | 12,45 °C | 11,96 °C | 13,28 °C | 15,86 °C | 14,17 °C | 9,16 °C | 6,25 °C |

Sur la Station YON_07, la température moyenne de l'eau est restée dans la moyenne basse pour tous les mois de l'année 2023.

Seul le mois de novembre sort des valeurs déjà rencontrées, en se positionnant comme le mois de novembre le plus froid depuis le début des relevés, mais l'écart avec les autres mois de novembre est moins prononcé que sur la station YON_08.

Comme sur la station précédente, le mois de septembre est celui qui présente la température moyenne de l'eau la plus élevée, avec 15,91°C. Là encore, cette valeur s'inscrit parfaitement dans la moyenne des températures des autres années.

La température moyenne annuelle de 2023 sur cette station est de 10,20°C, ce qui est très légèrement inférieur à la température moyenne annuelle calculée sur l'ensemble des années depuis le début des relevés (10,29°C).

◆ YON_06 (Les Granges)

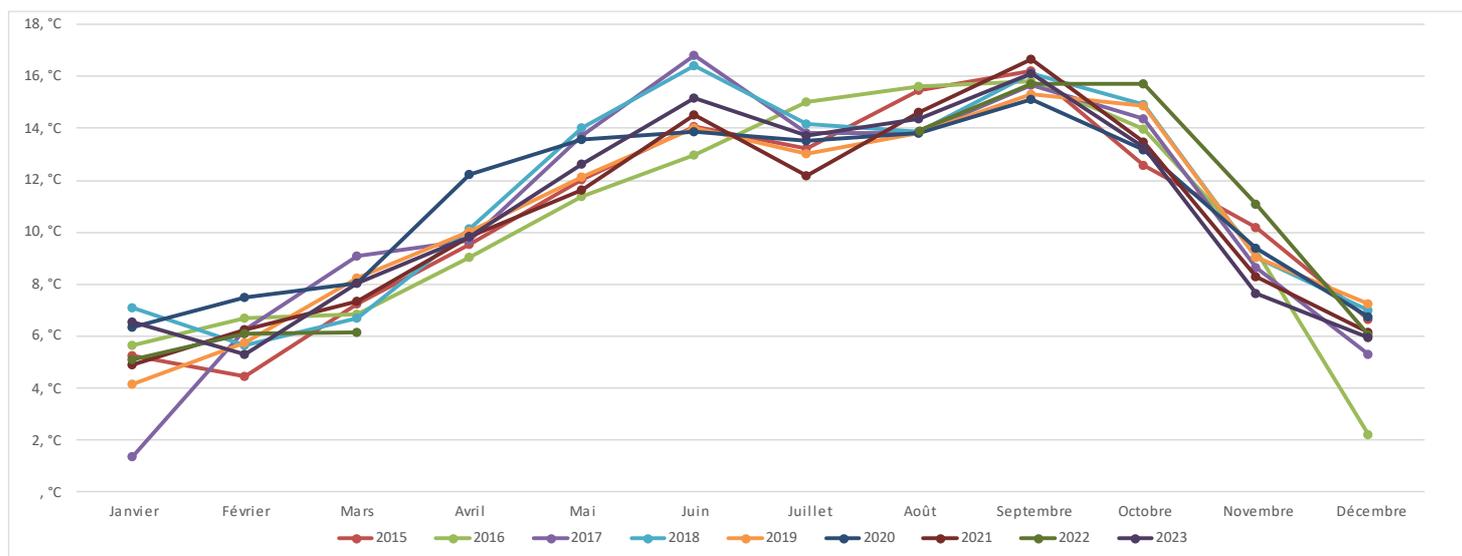


Figure 31 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_06

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2014 | | | | | | | 12,8 °C | 12,43 °C | 14,07 °C | 16,8 °C | 15,4 °C | 10,59 °C | 6,59 °C |
| 2015 | 10,6 °C | 5,26 °C | 4,46 °C | 7,26 °C | 9,52 °C | 12,02 °C | 14,05 °C | 13,2 °C | 15,47 °C | 16,2 °C | 12,59 °C | 10,17 °C | 6,66 °C |
| 2016 | 10,38 °C | 5,63 °C | 6,68 °C | 6,85 °C | 9,04 °C | 11,38 °C | 12,97 °C | 15,03 °C | 15,6 °C | 15,81 °C | 13,97 °C | 9,29 °C | 2,21 °C |
| 2017 | 10,73 °C | 1,36 °C | 6,22 °C | 9,1 °C | 9,67 °C | 13,7 °C | 16,8 °C | 13,84 °C | 13,82 °C | 15,67 °C | 14,36 °C | 8,63 °C | 5,32 °C |
| 2018 | 11,28 °C | 7,11 °C | 5,63 °C | 6,69 °C | 10,14 °C | 14,02 °C | 16,42 °C | 14,18 °C | 13,88 °C | 16,1 °C | 14,9 °C | 9,02 °C | 6,99 °C |
| 2019 | 10,67 °C | 4,14 °C | 5,77 °C | 8,26 °C | 10,05 °C | 12,15 °C | 14,01 °C | 13,01 °C | 13,83 °C | 15,32 °C | 14,86 °C | 9,05 °C | 7,24 °C |
| 2020 | 11,26 °C | 6,35 °C | 7,51 °C | 8,07 °C | 12,21 °C | 13,55 °C | 13,9 °C | 13,54 °C | 13,84 °C | 15,13 °C | 13,17 °C | 9,37 °C | 6,76 °C |
| 2021 | 10,51 °C | 4,92 °C | 6,26 °C | 7,33 °C | 9,85 °C | 11,63 °C | 14,52 °C | 12,19 °C | 14,63 °C | 16,69 °C | 13,48 °C | 8,3 °C | 6,15 °C |
| 2022 | | 5,12 °C | 6,08 °C | 6,12 °C | | | | | 13,91 °C | 15,74 °C | 15,72 °C | 11,07 °C | 6,03 °C |
| 2023 | 10,95 °C | 6,54 °C | 5,32 °C | 8,03 °C | 9,81 °C | 12,6 °C | 15,16 °C | 13,72 °C | 14,36 °C | 16,1 °C | 13,29 °C | 7,64 °C | 5,93 °C |
| Moyenne | 10,8 °C | 5,16 °C | 5,99 °C | 7,52 °C | 10,04 °C | 12,63 °C | 14,73 °C | 13,59 °C | 14,37 °C | 15,86 °C | 14,04 °C | 9,17 °C | 5,92 °C |

Comme sur la station précédente, la température de l'eau relevée sur la station YON_06 est restée proche des température moyenne de chaque mois.

Le mois de novembre présente également sur cette station une température inférieure à celle des autres années, bien que l'écart soit moindre que sur les stations YON_07 et YON_08.

Septembre est toujours le mois le plus chaud de l'année. La température du mois correspond bien à la température moyenne des mois de septembres depuis 2014.

La température moyenne annuelle est également très proche de la température moyenne annuelle moyenne depuis le début des relevés.

◆ YON_05 (Marigny-sur-Yonne)

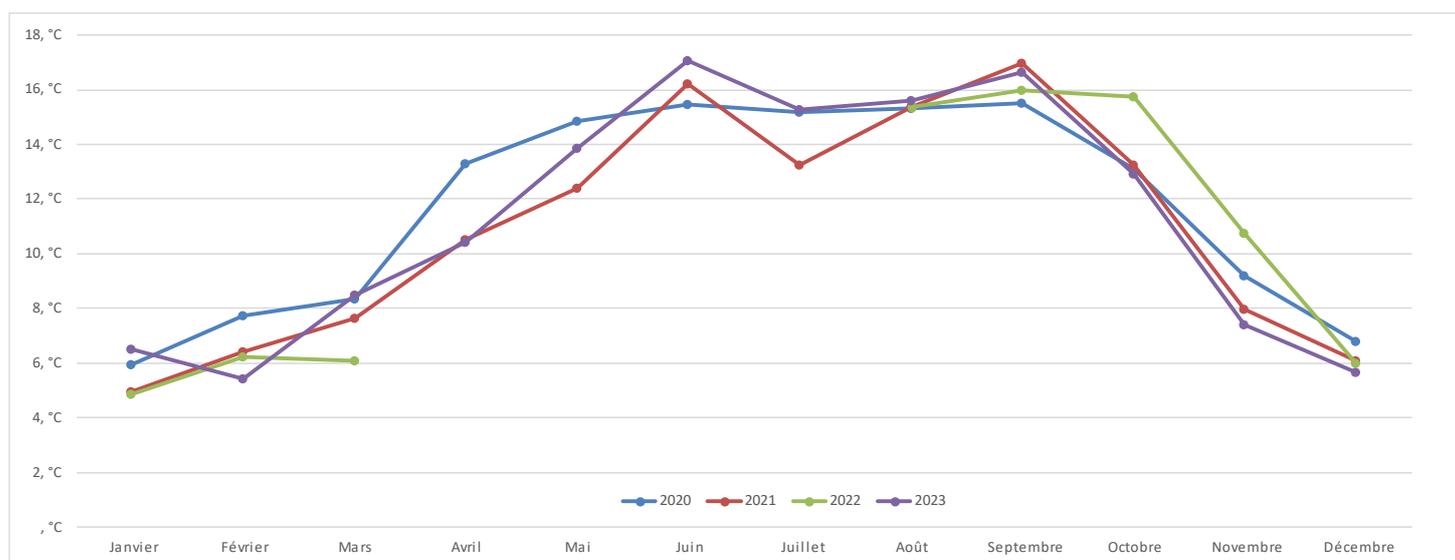


Figure 32 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_05

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 12,13 °C | 5,93 °C | 7,72 °C | 8,33 °C | 13,29 °C | 14,87 °C | 15,47 °C | 15,19 °C | 15,32 °C | 15,49 °C | 13,09 °C | 9,19 °C | 6,79 °C |
| 2021 | 10,93 °C | 4,94 °C | 6,43 °C | 7,64 °C | 10,5 °C | 12,4 °C | 16,22 °C | 13,24 °C | 15,34 °C | 16,95 °C | 13,26 °C | 7,98 °C | 6,07 °C |
| 2022 | | 4,86 °C | 6,24 °C | 6,1 °C | | | | | 15,38 °C | 15,95 °C | 15,75 °C | 10,73 °C | 6, °C |
| 2023 | 11,45 °C | 6,52 °C | 5,42 °C | 8,48 °C | 10,42 °C | 13,86 °C | 17,08 °C | 15,27 °C | 15,58 °C | 16,62 °C | 12,93 °C | 7,41 °C | 5,68 °C |
| Moyenne | 11,5 °C | 5,56 °C | 6,45 °C | 7,64 °C | 11,41 °C | 13,71 °C | 16,25 °C | 14,56 °C | 15,41 °C | 16,25 °C | 13,76 °C | 8,83 °C | 6,13 °C |

Sur cette station, l'évolution de la température est similaire à ce qu'elle été en 2021, et au schéma global (que l'on peut observer également sur les autres stations) avec deux pics de température, en juin et en septembre.

Le mois de juin est le plus chaud de l'année, avec une température moyenne de 17,08°C. C'est également la température moyenne mensuelle la plus élevée depuis le début des relevés sur la station.

◆ Yon_04 (Cuzy)

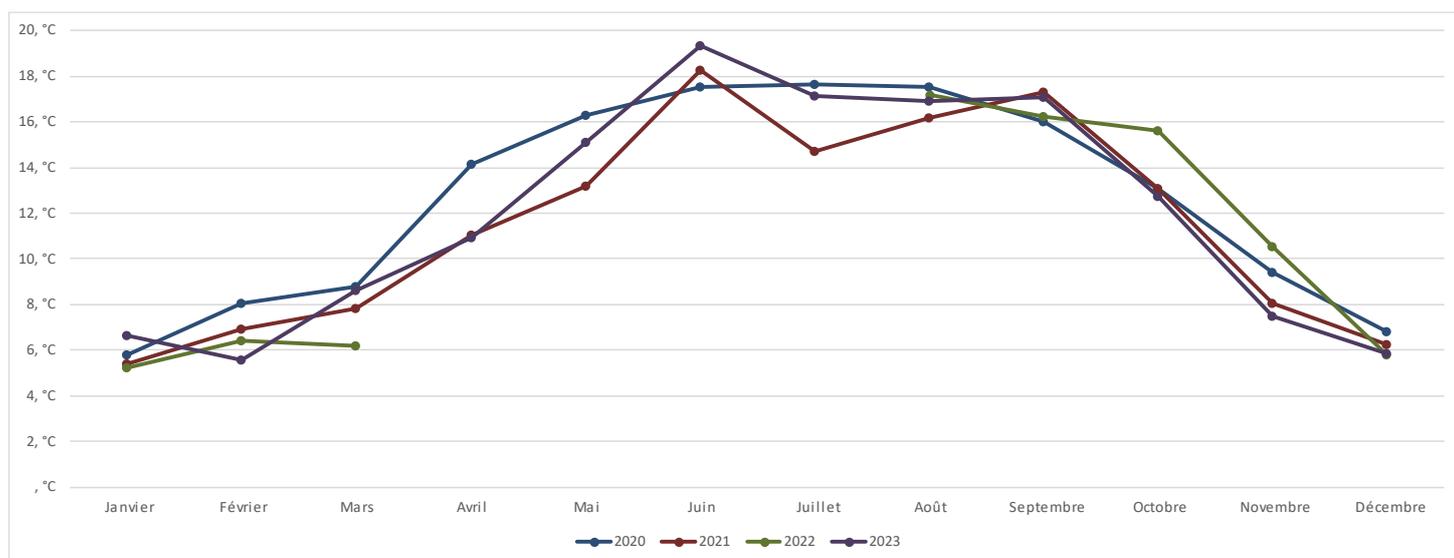


Figure 33 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_04

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 13,07 °C | 5,79 °C | 8,06 °C | 8,79 °C | 14,13 °C | 16,28 °C | 17,53 °C | 17,66 °C | 17,54 °C | 15,99 °C | 13,05 °C | 9,4 °C | 6,84 °C |
| 2021 | 11,52 °C | 5,38 °C | 6,93 °C | 7,8 °C | 11,04 °C | 13,18 °C | 18,25 °C | 14,71 °C | 16,18 °C | 17,29 °C | 13,05 °C | 8,05 °C | 6,24 °C |
| 2022 | | 5,22 °C | 6,42 °C | 6,22 °C | | | | | 17,19 °C | 16,21 °C | 15,61 °C | 10,53 °C | 5,79 °C |
| 2023 | 12,06 °C | 6,64 °C | 5,58 °C | 8,62 °C | 10,93 °C | 15,1 °C | 19,36 °C | 17,12 °C | 16,89 °C | 17,09 °C | 12,72 °C | 7,51 °C | 5,88 °C |
| Moyenne | 12,22 °C | 5,76 °C | 6,75 °C | 7,86 °C | 12,03 °C | 14,85 °C | 18,38 °C | 16,5 °C | 16,95 °C | 16,64 °C | 13,61 °C | 8,87 °C | 6,19 °C |

Sur la station YON_04, la température du mois de juin est clairement la température la plus élevée de l'année et la plus élevée depuis le début des relevés, avec 19,36°C.

La différence importante de température moyenne mensuelle sur la période estivale 2021 et celle des autres années montre que la température de l'eau sur cette station est assez sensible aux conditions météorologiques.

L'effet « lisseur » que peut avoir l'influence du barrage de Pannecière sur la température de l'eau est bien moins marqué que sur la station précédente. La présence d'ouvrages transversaux peut certainement amplifier le réchauffement linéaire dû à l'éloignement au barrage.

◆ **YON_03 (Chevroches)**

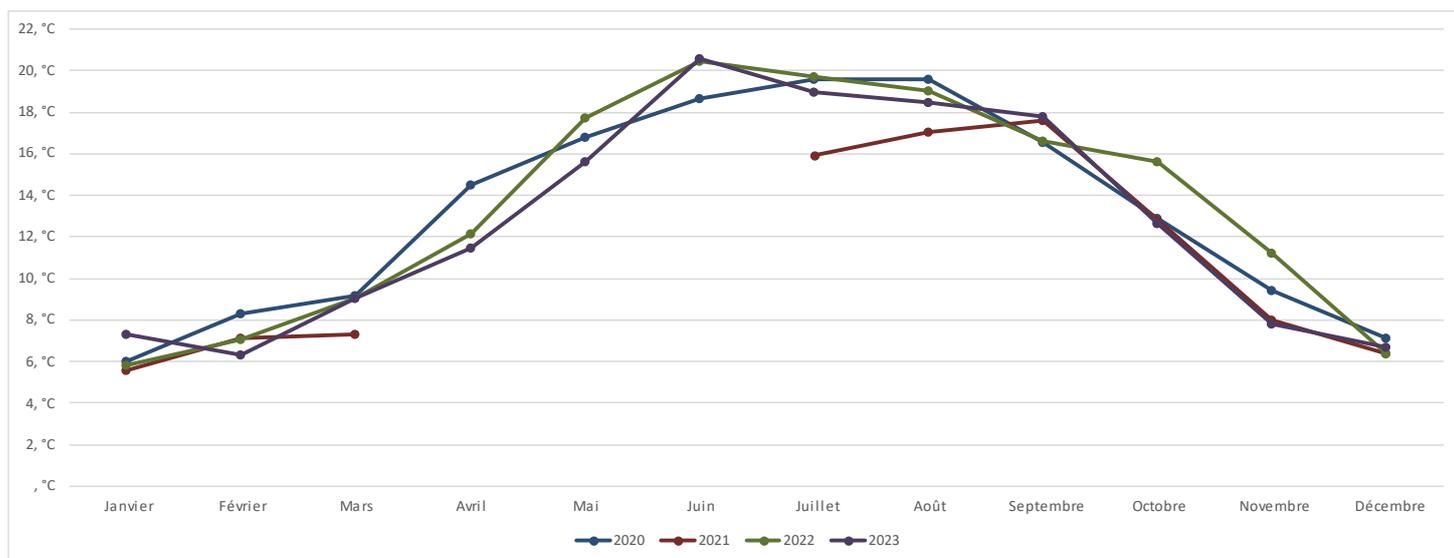


Figure 34 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_03

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 13,73 °C | 6,02 °C | 8,31 °C | 9,15 °C | 14,53 °C | 16,77 °C | 18,68 °C | 19,62 °C | 19,59 °C | 16,55 °C | 12,92 °C | 9,43 °C | 7,1 °C |
| 2021 | | 5,55 °C | 7,13 °C | 7,31 °C | | | | 15,95 °C | 17,04 °C | 17,62 °C | 12,82 °C | 8,02 °C | 6,35 °C |
| 2022 | 13,44 °C | 5,82 °C | 7,06 °C | 9,07 °C | 12,15 °C | 17,76 °C | 20,45 °C | 19,72 °C | 19,03 °C | 16,62 °C | 15,59 °C | 11,23 °C | 6,36 °C |
| 2023 | 12,78 °C | 7,33 °C | 6,29 °C | 9,06 °C | 11,47 °C | 15,62 °C | 20,6 °C | 19, °C | 18,46 °C | 17,77 °C | 12,63 °C | 7,83 °C | 6,66 °C |
| Moyenne | 13,32 °C | 6,18 °C | 7,2 °C | 8,65 °C | 12,72 °C | 16,72 °C | 19,91 °C | 18,57 °C | 18,53 °C | 17,14 °C | 13,49 °C | 9,13 °C | 6,62 °C |

Sur la station YON_03, les températures moyennes mensuelles présentent une évolution semblable entre sur 2022 et 2023. L'année 2023 est globalement un peu moins chaude que 2022, notamment sur les mois de mai, octobre et novembre.

◆ YON_02 (La Forêt)

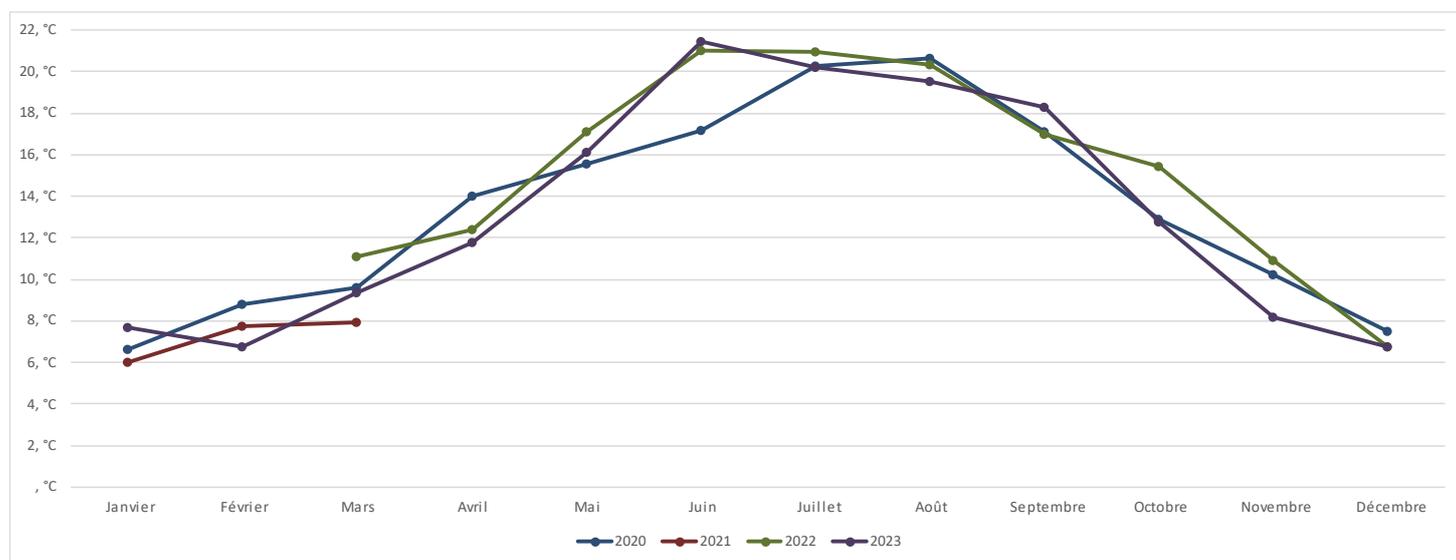


Figure 35 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_02

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 13,85 °C | 6,63 °C | 8,82 °C | 9,63 °C | 14, °C | 15,58 °C | 17,14 °C | 20,25 °C | 20,67 °C | 17,09 °C | 12,92 °C | 10,19 °C | 7,48 °C |
| 2021 | | 6,02 °C | 7,76 °C | 7,93 °C | | | | | | | | | |
| 2022 | | | | 11,09 °C | 12,4 °C | 17,09 °C | 21,01 °C | 20,93 °C | 20,3 °C | 17,02 °C | 15,46 °C | 10,89 °C | 6,76 °C |
| 2023 | 13,27 °C | 7,65 °C | 6,77 °C | 9,37 °C | 11,78 °C | 16,1 °C | 21,47 °C | 20,19 °C | 19,55 °C | 18,31 °C | 12,8 °C | 8,18 °C | 6,74 °C |
| Moyenne | 13,56 °C | 6,77 °C | 7,78 °C | 9,5 °C | 12,73 °C | 16,25 °C | 19,87 °C | 20,46 °C | 20,18 °C | 17,47 °C | 13,72 °C | 9,75 °C | 6,99 °C |

Sur cette station également, l'évolution de la température moyenne annuelle est similaire entre 2022 et 2023, avec des mois d'octobre et novembre plus frais en 2023.

◆ *YON_01 (Pousseaux)*

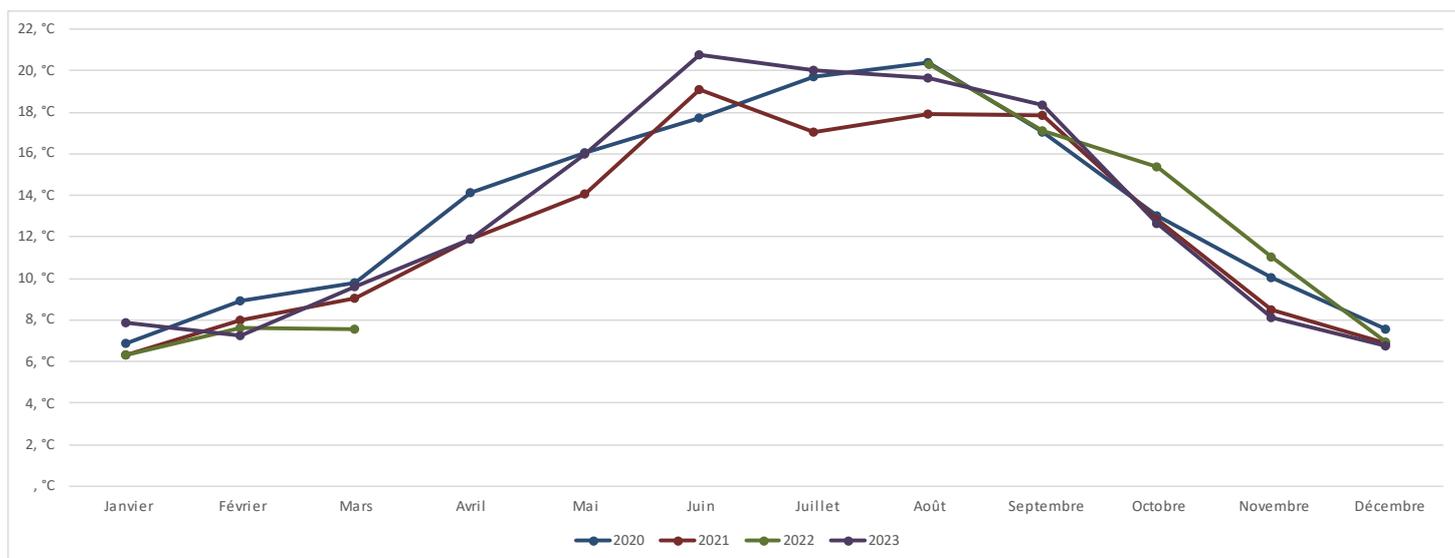


Figure 36 : comparaison annuelle des températures moyennes mensuelles sur la station YON_01

| | Moyenne annuelle | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre | Novembre | Décembre |
|---------|------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 2020 | 13,91 °C | 6,84 °C | 8,89 °C | 9,76 °C | 14,15 °C | 16,06 °C | 17,74 °C | 19,69 °C | 20,39 °C | 17,02 °C | 13,02 °C | 10,04 °C | 7,57 °C |
| 2021 | 12,46 °C | 6,3 °C | 7,96 °C | 9,06 °C | 11,92 °C | 14,05 °C | 19,11 °C | 17,03 °C | 17,89 °C | 17,88 °C | 12,8 °C | 8,46 °C | 6,88 °C |
| 2022 | | 6,33 °C | 7,64 °C | 7,53 °C | | | | | 20,34 °C | 17,09 °C | 15,4 °C | 11,04 °C | 6,93 °C |
| 2023 | 13,26 °C | 7,85 °C | 7,23 °C | 9,59 °C | 11,91 °C | 16,02 °C | 20,78 °C | 20 °C | 19,63 °C | 18,34 °C | 12,65 °C | 8,14 °C | 6,78 °C |
| Moyenne | 13,21 °C | 6,83 °C | 7,93 °C | 8,98 °C | 12,66 °C | 15,38 °C | 19,21 °C | 18,91 °C | 19,56 °C | 17,58 °C | 13,47 °C | 9,42 °C | 7,04 °C |

Sur cette station nous disposons des données de 2021 sur l'ensemble de l'année, ce qui nous permet de constater que la température de l'eau a été en moyenne 0,8 °C plus chaude en 2023 qu'en 2021.

Cette différence est d'autant plus marquée sur la période estivale.

◆ *Analyse de la compatibilité des températures relevées avec les besoins physiologiques de la truite fario*

Tableau 2 : Comparaison de différents paramètres liés à la physiologie de la truite fario de 2020 à 2023

| 2020 | | YON_01 | YON_02 | YON_03 | YON_04 | YON_05 | YON_06 | YON_07 | YON_08 | YON_09 | YON_10 |
|-----------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Données générales | Tmin | 5,23 °C | 3,35 °C | 3,8 °C | 3,43 °C | 3,25 °C | 3,14 °C | 2,5 °C | 4,14 °C | 3,43 °C | 3,09 °C |
| | Tmax | 23,71 °C | 24,44 °C | 24,65 °C | 21,75 °C | 19,44 °C | 18,08 °C | 18,03 °C | 18,06 °C | 23,23 °C | - |
| Préférendum thermique | Tm30j max | 20,96 °C | 21,36 °C | 20,32 °C | 18,07 °C | 15,69 °C | 15,46 °C | 15,53 °C | 15,76 °C | 18,71 °C | 17,36 °C |
| Stress physiologique | Nti > 19 | 1370 h | 1600 h | 1438 h | 302 h | 8 h | - | - | - | 460 h | - |
| | Nseq Ti > 19 | 44 | 37 | 69 | 25 | 2 | / | / | / | 38 | - |
| | Nmax Tic > 19 | 404 h | 450 h | 252 h | 84 h | 6 h | / | / | / | 46 h | - |
| Seuil léthal | Nti ≥ 25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | Nseq Ti ≥ 25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | Nmax Tic ≥ 25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

| 2021 | | YON_01 | YON_02 | YON_03 | YON_04 | YON_05 | YON_06 | YON_07 | YON_08 | YON_09 | YON_10 |
|-----------------------|---------------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|
| Données générales | Tmin | 3,93 °C | - | 3,22 °C | 2,48 °C | 0,99 °C | 1,45 °C | 2,26 °C | 3,06 °C | - | 1,34 °C |
| | Tmax | 23,04 °C | - | 21,13 °C | 23,16 °C | 20,15 °C | 18,49 °C | 17,75 °C | 17,65 °C | - | 18,68 °C |
| Préférendum thermique | Tm30j max | 19,11 °C | - | - | 18,33 °C | 16,95 °C | 16,72 °C | 16,64 °C | - | - | 14,23 °C |
| Stress physiologique | Nti > 19 | 732 h | - | 210 h | 320 h | 44 h | h | h | h | - | h |
| | Nseq Ti > 19 | 37 | - | 16 | 14 | 7 | / | / | / | - | / |
| | Nmax Tic > 19 | 186 h | - | 82 h | 142 h | 10 h | / | / | / | - | / |
| Seuil léthal | Nti ≥ 25 | / | - | / | / | / | / | / | / | - | / |
| | Nseq Ti ≥ 25 | / | - | / | / | / | / | / | / | - | / |
| | Nmax Tic ≥ 25 | / | - | / | / | / | / | / | / | - | / |

| 2022 | | YON_01 | YON_02 | YON_03 | YON_04 | YON_05 | YON_06 | YON_07 | YON_08 | YON_09 | YON_10 |
|-----------------------------|---------------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|----------|
| Données générales | Tmin | 2,5 °C | 2,56 °C | 1,24 °C | 0,05 °C | 0,02 °C | 0,36 °C | 0,93 °C | 2,77 °C | 2,88 °C | 1,48 °C |
| | Tmax | 23,47 °C | 25,62 °C | 25,91 °C | - | - | 17,77 °C | 18,11 °C | - | 22,85 °C | 20,1 °C |
| Préférendum thermique de la | Tm30j max | 21,45 °C | 21,38 °C | 20,48 °C | - | - | 15,81 °C | 15,57 °C | - | 18,33 °C | 17,38 °C |
| Stress physiologique | Nti > 19 | - | 2364 h | 1674 h | - | - | - | - | - | 500 h | - |
| | Nseq Ti > 19 | - | 40 | 61 | - | - | - | - | - | 59 | - |
| | Nmax Tic > 19 | - | 934 h | 378 h | - | - | - | - | - | 20 h | - |
| Seuil léthal | Nti ≥ 25 | - | 10 h | 11 h | - | - | - | - | - | / | - |
| | Nseq Ti ≥ 25 | - | 5 | 4 | - | - | - | - | - | / | - |
| | Nmax Tic ≥ 25 | - | 10 h | 8 h | - | - | - | - | - | / | - |

| 2023 | | YON_01 | YON_02 | YON_03 | YON_04 | YON_05 | YON_06 | YON_07 | YON_08 | YON_09 | YON_10 |
|-----------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Données générales | Tmin | 3,93 °C | 3,25 °C | 2,8 °C | 1,64 °C | 1,21 °C | 1,78 °C | 1,64 °C | 3,2 °C | 1,48 °C | 1,18 °C |
| | Tmax | 24,65 °C | 24,24 °C | 23,57 °C | 21,75 °C | 19,94 °C | 18,65 °C | 19,48 °C | 19,39 °C | 23,45 °C | 22,68 °C |
| Préférendum thermique | Tm30j max | 21,01 °C | 21,6 °C | 20,6 °C | 19,44 °C | 17,27 °C | 16,11 °C | 16,32 °C | 16,69 °C | 18,55 °C | 17,26 °C |
| Stress physiologique | Nti > 19 | 1982 h | 2062 h | 1598 h | 764 h | 114 h | h | 54 h | 112 h | 486 h | 286 h |
| | Nseq Ti > 19 | 37 | 13 | 40 | 50 | 20 | / | 11 | 13 | 37 | 31 |
| | Nmax Tic > 19 | 644 h | 1272 h | 330 h | 70 h | 10 h | / | 8 h | 16 h | 162 h | 24 h |
| Seuil léthal | Nti ≥ 25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | Nseq Ti ≥ 25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| | Nmax Tic ≥ 25 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

Dans les tableaux précédents, certains paramètres n'ont pas pu être analysés suite à des pertes de données. Certaines cases ne sont donc pas remplies. Elles comportent seulement un " - ".

Lorsqu'un paramètre est analysé mais que le seuil n'est pas atteint au cours de l'année, la case correspondante comporte simplement un " / ", indiquant qu'aucune des données ne correspond.

L'année 2022 est la seule sur laquelle des températures supérieures à 25°C ont été enregistrées, sur les stations YON_03, YON_02 et YON_01.

Les stations situées entre le barrage et YON_05 présentent des températures n'excédant que peu et rarement les 19°C. On remarque tout de même que le seuil de stress physiologique a été dépassé sur les stations YON_08 et YON_07 en 2023 pour la première fois depuis le début du suivi. Ces dépassements courts et peu importants ont cependant des effets limités.

La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds sur les stations YON_05 à YON_08 en 2023 reste sous les 17,5°C.

La portion de cours d'eau en 1^{er} catégorie en aval du barrage de Pannecière est donc tout à fait compatible avec les exigences physiologiques de la truite fario.

Sur la station YON_04, l'année 2023 présente la température de l'eau moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds depuis le début du suivi, avec 19,44°C. La température moyenne du mois de juillet atteint 19,36°C. L'eau est donc restée à des températures élevées pendant une longue période, ce qui est incompatible avec les besoins physiologiques de la truite. Cette conclusion est différente de celle qui avait pu être faite en 2020 et 2021, année au cours desquelles des dépassements du seuil de stress physiologique étaient observés, mais dans une mesure moindre qu'en 2023.

En aval de YON_04, la température de l'eau est, comme depuis le début du suivi, incompatible avec les exigences thermiques de la truite.

A l'amont du barrage de Pannecière, on constate que le seuil de stress physiologique a été dépassé à plusieurs reprises sur les deux stations.

Sur YON_10, bien que quelques dépassements ponctuels soient à noter en 2023, la température reste bien compatible avec les besoins de la truite.

Sur YON_09, les dépassements du seuil de stress physiologique sont plus importants, et sur des durées plus longues. La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds atteint 18,55°C ; la température de l'eau est restée au-dessus de 19°C pendant 162 heures consécutives.

Ces températures élevées ont très probablement eu des conséquences sur la population de truites fario, le stress et l'impossibilité de se nourrir entraînant l'amaigrissement et une augmentation de la mortalité chez la truite fario, surtout chez les individus les plus jeunes, qui sont les plus sensibles.

4 Conclusion

La présence du lac de Pannecièrre-Chaumard impacte significativement la température de l'eau de l'Yonne à l'aval de l'ouvrage. Le barrage, grâce à une vanne assez profonde, relâche durant la période estivale de l'eau plus froide que celle entrant dans la retenue. A la fin de l'été, on observe une inversion du gradient de température à l'aval du lac, l'eau restituée étant plus chaude que celle entrante.

A l'aval du barrage, l'eau restituée au cours d'eau est très fraîche. La température de l'eau reste compatible avec les exigences de la truite fario jusqu'à Marigny sur Yonne (station YON_05).

Le réchauffement est ensuite assez important entre les stations YON_05 et YON_04 (à Cuzy). Sur cette portion, l'influence du barrage est toujours sensible mais largement atténuée du fait de l'éloignement (réchauffement linéaire) et de la présence d'ouvrages transversaux ralentissant l'écoulement, augmentant ponctuellement le réchauffement. Cette portion de cours d'eau est particulièrement sensible aux conditions météorologiques. En effet, la température de l'eau peut être jugée compatible avec les besoins de la truite, comme en 2021, ou au contraire, être incompatible comme en 2023.

A partir de YON_03, les températures de l'eau sont élevées en été, avec des températures moyennes mensuelles approchant ou dépassant les 20°C entre juin et août. Les nombreux barrages et les prises d'eau sur le cours d'eau le rend très sensible au réchauffement et aux conditions météorologiques, comme le montre la différence observée entre températures moyennes mensuelles des mois de l'été 2021 et ces mêmes températures des autres années du suivi.

Sur la portion de cours d'eau à l'amont du barrage, la température de l'eau est fortement dépendante des conditions météorologiques. En 2023 les températures moyennes mensuelles des mois de mai, juin et juillet, sont supérieures à celles de 2020 et similaires à celles de 2022. Le mois de septembre est même le plus chaud depuis le début du suivi.

Dans le contexte de changement climatique dans lequel nous sommes, les conditions des étés 2020 ou 2022 et 2023 qui devraient être exceptionnelles, sont amenées à se reproduire, peut-être même avec une ampleur plus importante. Nous pouvons alors nous poser des questions quant à la pérennité de la population de truites, en particulier sur la station YON_09.