



# Rapport d'étude

Suivi de la température des masses d'eau du bassin  
Loire – Bretagne dans le département de la Nièvre

*Suivi 2022*

---

**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](mailto:fede.peche58@gmail.com) - Site : [www.federationdepeche58.fr](http://www.federationdepeche58.fr)



# 1 Table des matières

2	Contexte .....	1
3	Matériel et méthode .....	2
3.1	Site d'étude et stations suivies .....	2
3.2	Espèce repère : la truite fario.....	5
3.3	Analyses des données thermiques.....	6
3.4	Sondes enregistreuses de la température.....	7
4	Analyse .....	8
4.1	Résultats 2022 .....	8
4.1.1	Résultats par station.....	8
5	Conclusion .....	40

## 2 Contexte

Dans le contexte actuel de réchauffement 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 présente 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 des espèces animales et végétales et leurs cycles biologiques. Une augmentation de la température de l'eau va entraîner une remontée progressive vers l'amont 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 également être restée fraîche si la hauteur de la retenue est importante et que l'eau restituée à l'aval provient du fond du lac.

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 oxygénées, 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.

La Nièvre présente un réseau hydrographique dense et diversifié, à cheval sur les bassins versants Loire-Bretagne et Seine-Normandie. La Loire, l'Allier et l'Yonne sont les 3 principaux cours d'eau qui traversent ce département. Mais de nombreux autres rivières et ruisseaux de tailles et de morphologies très variés sont également présents sur ce territoire.

Ce suivi a donc pour but d'observer en continu la température de l'eau sur ces rivières afin d'évaluer les potentielles évolutions de ce paramètre physique essentiel pour les espèces aquatiques.

Ce rapport s'attache à décrire l'évolution de la température des cours d'eau du bassin versant Loire-Bretagne du département.

## 3 Matériel et méthode

### 3.1 Site d'étude et stations suivies

Le département de la Nièvre possède un riche réseau hydrographique, partagé sur deux grands bassins versants. Le bassin de la Seine s'étend sur 1 900 km<sup>2</sup> au nord-est du département et représente un tiers de la surface du département. Le bassin de la Loire, dans la Nièvre, a quant à lui une surface de 5 000 km<sup>2</sup>.

Sur le Bassin versant de la Loire dans la Nièvre, les cours d'eau suivis sont les suivants :

- ◆ L'Alène
- ◆ L'Aron
- ◆ Le bellary
- ◆ La Douceline
- ◆ La Nièvre de Champlemy
- ◆ La Nièvre d'Arzembouy
- ◆ La Nièvre de St Benin
- ◆ Le Nohain

Le choix des masses d'eau retenues dans ce suivi ainsi que la localisation des stations ont été fait en prenant en compte les autres suivis de la température que la Fédération de Pêche de la Nièvre réalise. Cette approche complémentaire permet de suivre l'évolution de la température de l'eau sur de nombreux cours d'eau sur le département de la Nièvre.

Il répond également aux besoins exprimés par les différents acteurs du territoire, comme les contrats territoriaux. Des stations peuvent être placée pour réaliser un état initial avant travaux ou pour suivre l'évolution de la température dans le temps à la suite des travaux réalisés.

Code sonde	Cours d'eau	Commune	Localisation	Coordonnées (Lambert 93)	
				X	Y
<b>ALE_01</b>	Alène	Remilly	Le Mont	762406,1	6637651,8
<b>ARO_01</b>	Aron	Isenay	L'Orsil	753299,1	6643214,7
<b>BEL_01</b>	Bellary	Garchy	La Barre - Garchy	706148,6	6685048,9
<b>BEL_02</b>	Bellary	Vielmanay	Les Pivotins	708725,4	6685765,2
<b>BEL_03</b>	Bellary	Vielmanay	Aval étang	710089,9	6687124,7
<b>BEL_04</b>	Bellary	Vielmanay	Château de Bellary	710850,7	6688097,3
<b>BEN_01</b>	Nièvre de Saint Benin	St Benin des Bois	Le Petit Leuzat	731067,7	6670233,9
<b>DOU_01</b>	Douceline	La Marche	Munot	702173,4	6672584,4
<b>NIE_01</b>	Nièvre de Champlemy	Beaumont la Ferrière	Les ponts de Beaumont	717037,3	6677074,2
<b>NIE_02</b>	Nièvre d'Arzembouy	Poiseux	Thou	718478,3	6669364,9
<b>BEN_02</b>	Nièvre de Saint Benin	Saint Benin des Bois	Leuzat	731067,7	6670233,9
<b>NOH_01</b>	Nohain	Couloutre	Pilles	716156,8	6700484,4
<b>NOH_02</b>	Nohain	Entrains sur Nohain	L'Anguillerie	718668,3	6705773,5

# Suivi thermique des masses d'eau du Bassin Loire - Bretagne dans le département de la Nièvre

Localisation des sondes thermiques

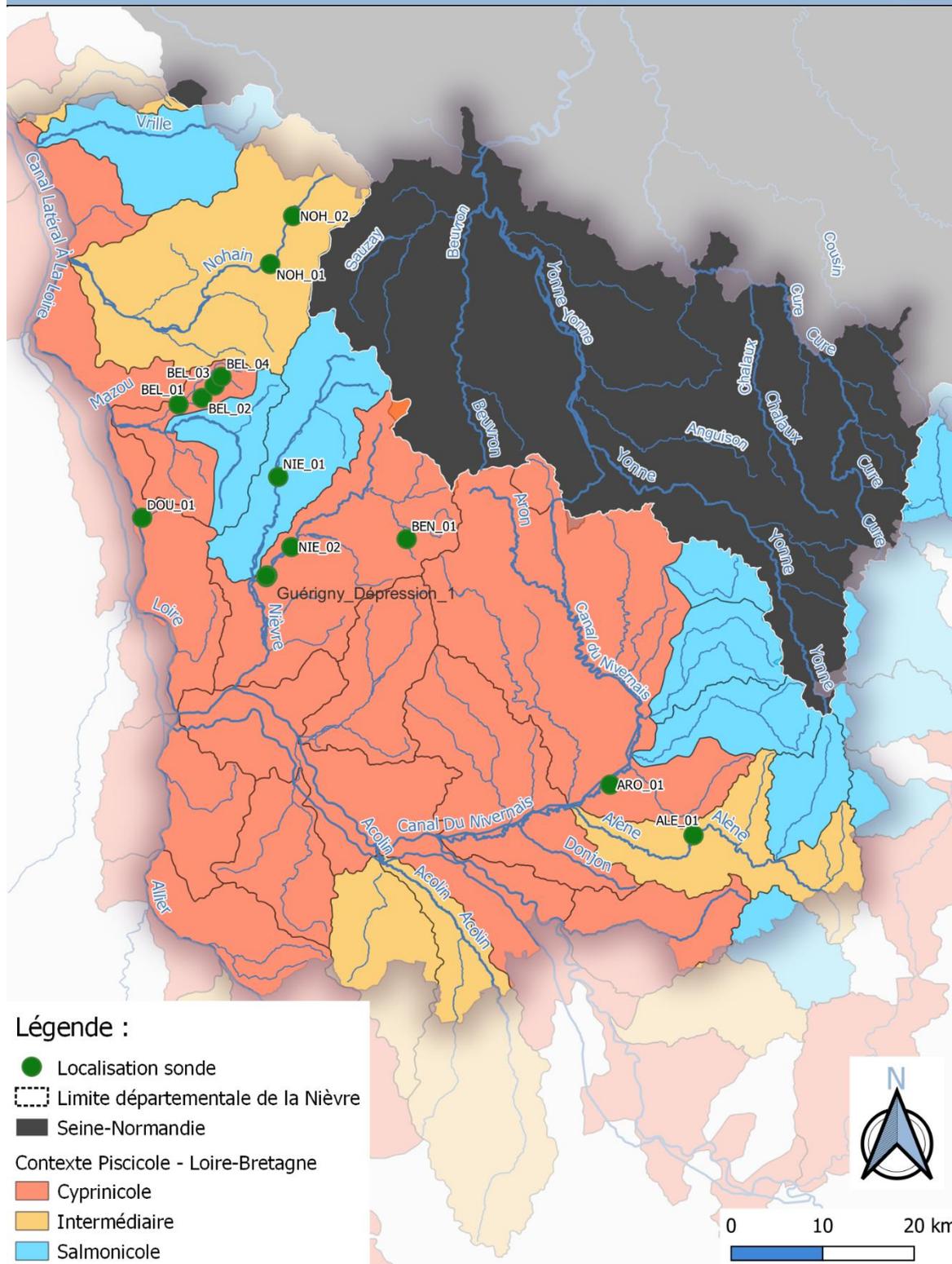


Figure 1 : Localisation des sondes thermiques et contexte piscicole des bassins versants

Tableau 1 : Détail des contextes piscicoles par cours d'eau

Cours d'eau	Station	Contexte Piscicole	Espèce repère du contexte	Espèces repères station
<b>Alène</b>	ALE_01	Intermédiaire	Cyprinidés Rhéophiles	Cyprinidés Rhéophiles
<b>Aron</b>	ARO_01	Cyprinicole	Brochet	Brochet
<b>Bellary</b>	BEL_01 à 04	Cyprinicole	Brochet	Truite
<b>Douceline</b>	DOU_01	Cyprinicole (Loire)	Brochet	Truite
<b>Nièvre d'Arzembouy</b>	NIE_02	Cyprinicole	Brochet	Brochet
<b>Nièvre de St Benin</b>	BEN_01			Truite
<b>Nièvre de Champlemy</b>	NIE_01	Salmonicole	Truite	Truite
<b>Nohain</b>	NOH_01 et 02	Intermédiaire	Cyprinidés Rhéophiles	Truite

Les stations sont placées sur des cours d'eau avec divers contextes piscicoles, pour lesquels les espèces repères sont différentes. Le détail est repris dans le Tableau 1. Il peut cependant être utile d'affiner ce découpage. En effet, des affluents ou des zones en tête de bassin versant peuvent être intégrés dans un contexte piscicole plus large et souvent plus aval (pour ne pas multiplier les découpages). Une colonne « Espèces repère station » a donc été ajoutée pour cibler une espèce repère au droit de la station de mesure qui correspond aux caractéristiques (et au peuplement) du cours d'eau, indépendamment du contexte ou de la catégorie piscicole.

Sur la majorité des stations, la truite peut être prise comme espèce repère. C'est de plus un poisson aux exigences fortes vis-à-vis de la température, et le respect de son préférendum thermique indique que les températures conviennent à une grande variété d'espèces (vairon, chabot, cyprinidés rhéophiles).

Pour ce qui est du brochet, il est capable de supporter une grande amplitude thermique. Dans notre département, la température ne peut être un facteur limitant que pour la formation et le développement des œufs et des juvéniles. Ce paramètre ne sera pas analysé car la température des annexes hydrauliques servant à la reproduction est souvent différente de la température du cours d'eau adjacent.

### 3.2 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 2 : 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.

### 3.3 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 annuelle de la température sur les stations et la compatibilité des températures avec les exigences biologiques de la truite.

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

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.
  - Tmj min : Température moyenne journalière minimale.
  - 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.

### 3.4 Sondes enregistreuses de la température

Les sondes utilisées sont des Tidbit V2 de HOB0. Elles sont programmables et nous permettent d'enregistrer une température toutes les 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 3 : Photographies d'une sonde thermique (à gauche) et de la 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 4 : Photographie de la récupération de données grâce à la navette étanche

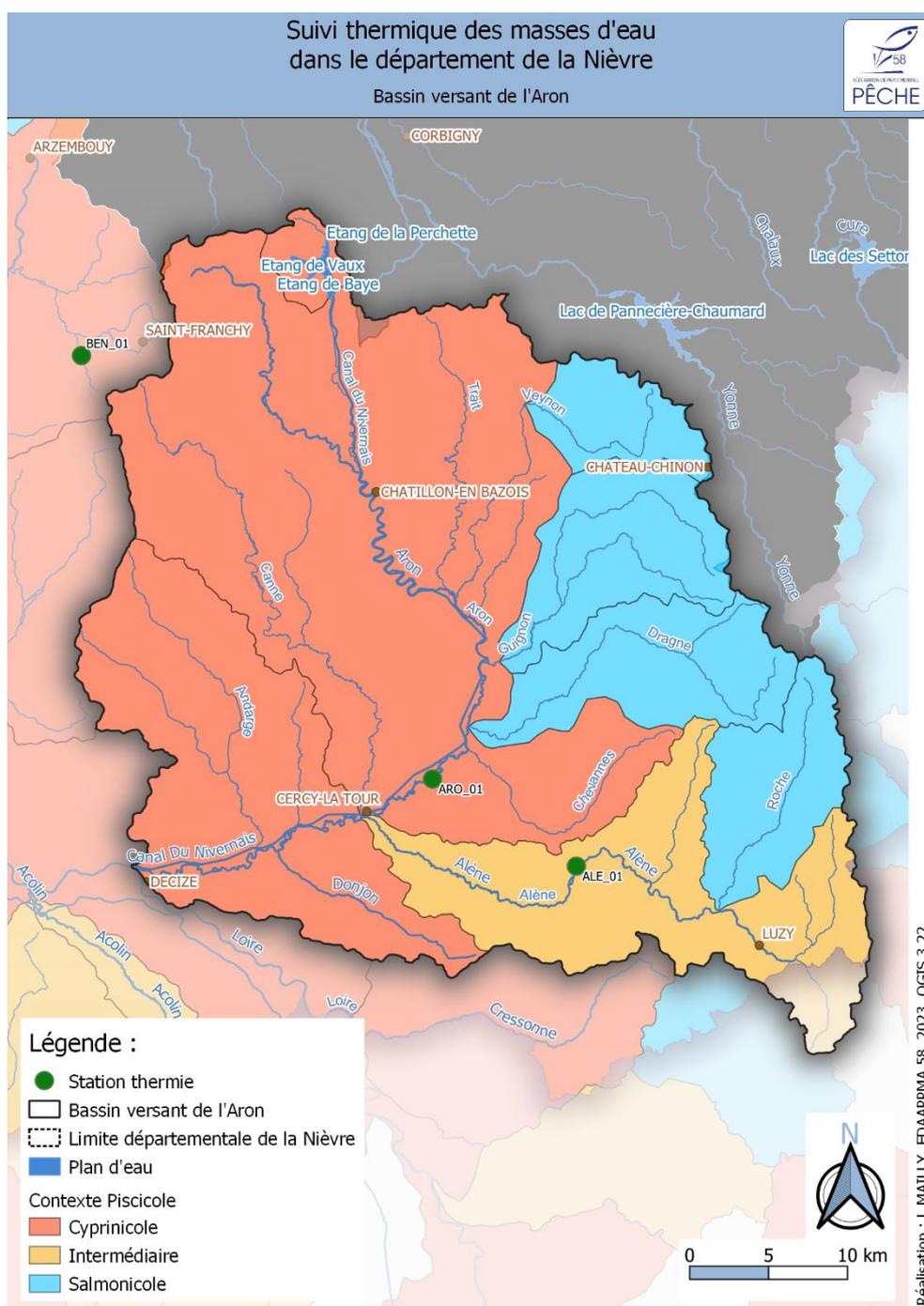
## 4 Analyse

### 4.1 Résultats 2022

Deux campagnes de relevés ont été réalisées. Une à l'automne, le 28/10/2022, et une au printemps, le 20/04/2023

#### 4.1.1 Résultats par station

##### ◆ Bassin versant de l'Aron



## ◇ L'Alène (ALE\_01)

En 2022, la température de l'Alène a varié entre 0,47°C et 25,23°C.

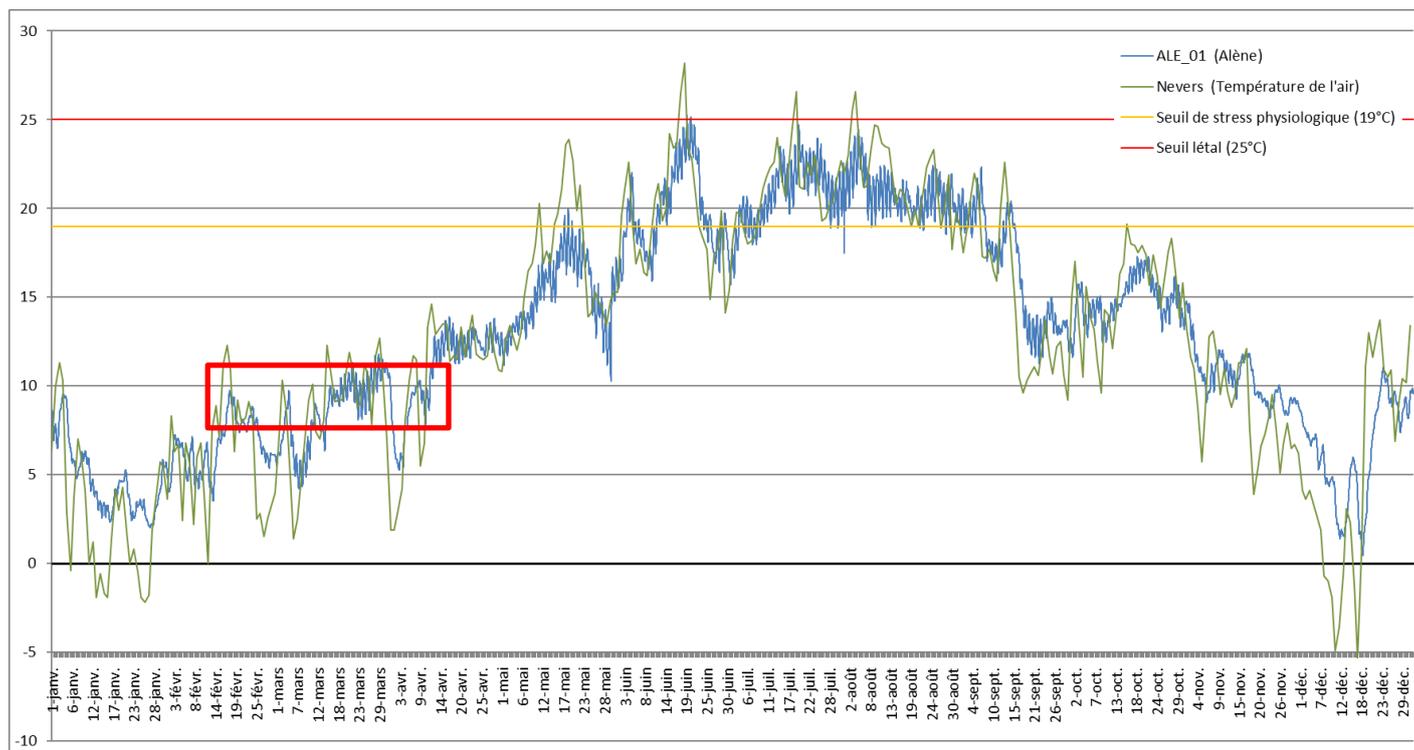


Figure 5 : Evolution des températures instantanées de la station ARO\_01 durant l'année 2022

Tableau 2 : Tableau comparatif des différents paramètres entre 2021 et 2022

ALE_01		2021	2022
Données générales	Tmin	/	0,47 °C
	Tmax	/	25,23 °C
	Tmj min	/	1,2 °C
	Tmj max	/	23,97 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	/	21,7 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	/	1979 h
	Nseq Ti > 19	/	33
	Nmax Tic > 19	/	450 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	12 h
	Nseq Ti ≥ 25	/	2
	Nmax Tic ≥ 25	/	3 h

La température de l'eau et la température de l'air sont très corrélées à ce niveau de l'Alène. La température n'est pas du tout adaptée à la présence de la truite fario, avec quasiment 2000 h passées au-dessus de 19°C et une Tm30j max de 21,7°C. Le seuil létal de l'espèce est également atteint.

L'évolution des températures, notamment au printemps semble par contre compatible avec la reproduction du brochet, qui est possible lorsque la température est comprise entre 8 et 11

degrés, de la mi-février jusqu'au début avril (encadré rouge sur le graphique). La reproduction de cette espèce nécessite la mise en eau de zones végétalisées du lit majeur pendant toute la durée d'incubation. On ne peut donc pas en déduire que la reproduction ait réussi.

Il n'est pas possible de comparer les résultats de 2022 avec ceux de 2021, la sonde ayant été exondé une grande partie de l'année en 2021.

#### ◆ L'Aron (ARO\_01)

Sur l'Aron à L'Orsil, la température de l'eau a varié entre 0,16°C et 26,5°C durant l'année 2022, avec une moyenne annuelle de 14,1°C.

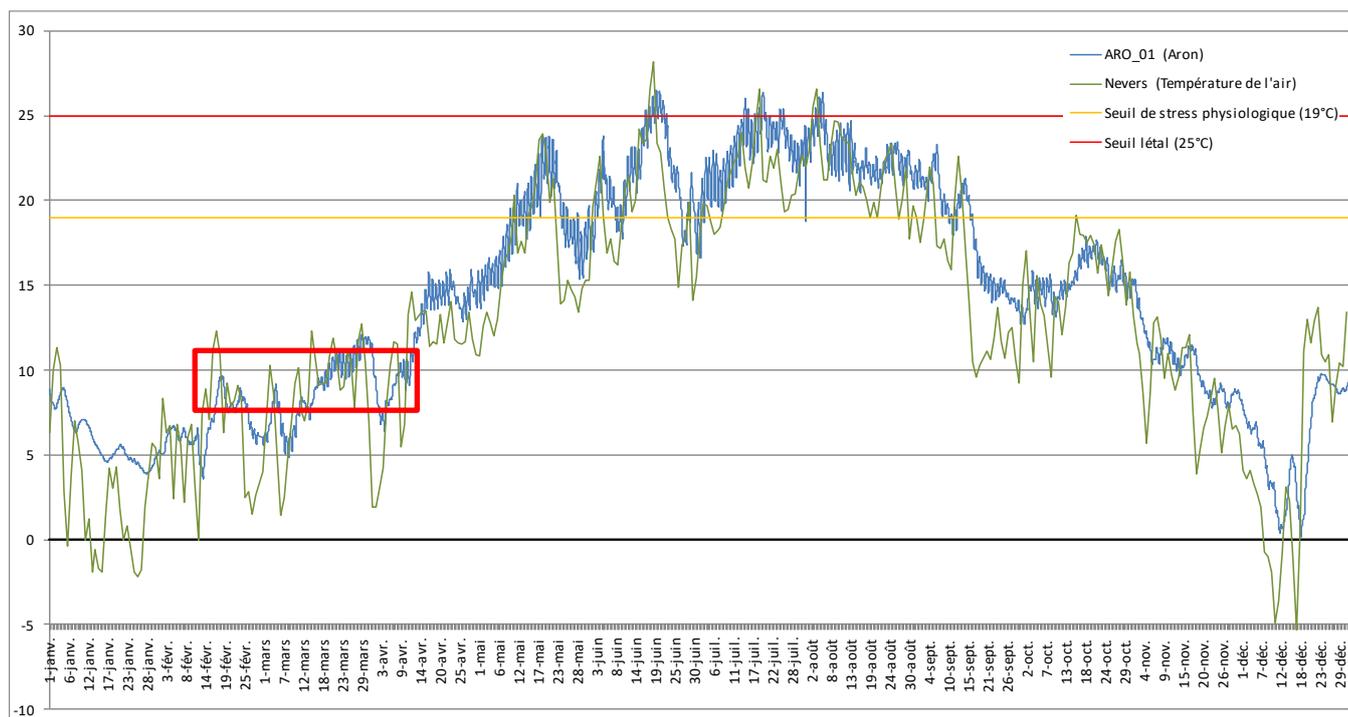


Figure 6 : Evolution des températures instantanées de la station ARO\_01 durant l'année 2022

Comme en 2021, le seuil de température léthal pour la truite est dépassé à de nombreuses reprises. La température est restée de longues périodes au-dessus de 19°C. Au niveau de la station, l'Aron n'est donc pas un cours d'eau qui peut accueillir des truites.

Comme sur l'Alène, sa température au printemps était a été pendant quelques jours voire semaines dans une gamme de température permettant la reproduction du brochet.

Tableau 3 : Tableau comparatif des différents paramètres entre 2021 et 2022

ARO_01		2021	2022
Données générales	Tmin	3,72 °C	0,16 °C
	Tmax	26,16 °C	26,5 °C
	Tmj min	3,92 °C	0,69 °C
	Tmj max	24,74 °C	25,71 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	20,78 °C	23,8 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	1958 h	2711 h
	Nseq Ti > 19	31	26
	Nmax Tic > 19	381 h	966 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	86 h	386 h
	Nseq Ti ≥ 25	6	19
	Nmax Tic ≥ 25	10 h	21 h

La température maximale instantanée de 2021 et 2022 était quasiment identique, certainement en raison des nombreux échanges avec le canal qui favorise le réchauffement de l'eau en été. La température moyenne journalière maximale est par contre plus élevée d'un degré en 2022.

Le nombre d'heures passées au-dessus de 19°C est bien plus important en 2022 qu'en 2021.

La température minimale est bien plus froide en 2022. Tous ces indicateurs nous montrent que l'influence de la température extérieure est très importante sur ce cours d'eau.

Les nombreuses connections avec le canal augmentent certainement la sensibilité du cours d'eau aux variations climatiques (température de l'air et ensoleillement)

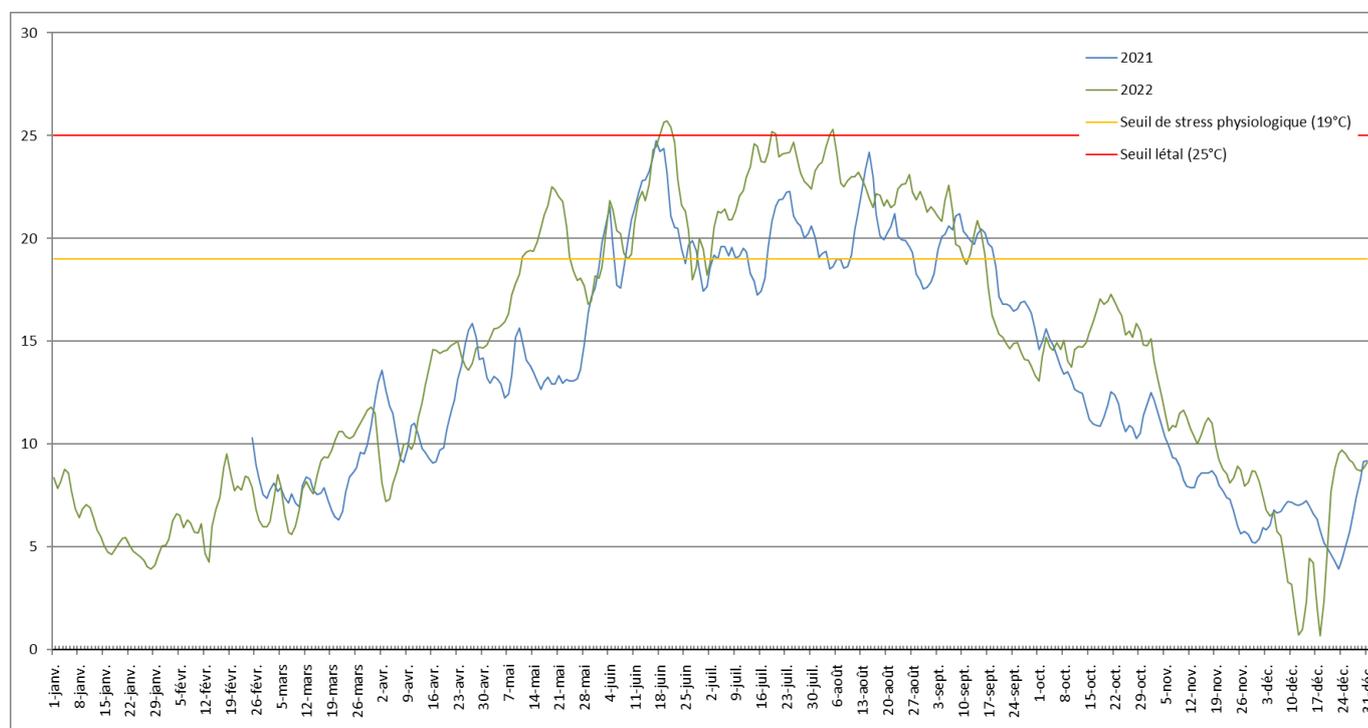


Figure 7 : Comparaison de l'évolution des températures de 2021 et 2022 sur ARO\_01

## ◆ Bassin versant du Bellary

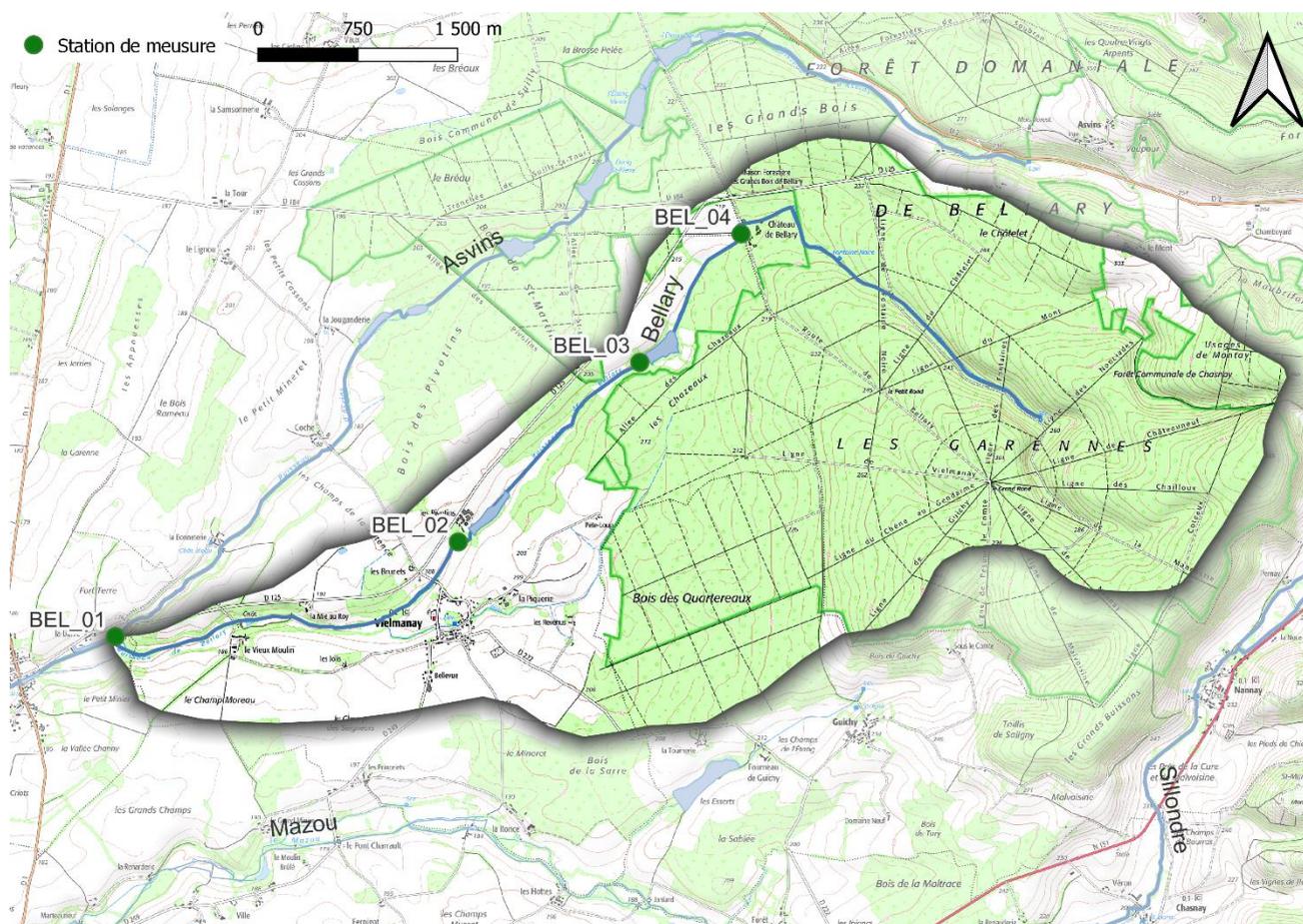


Figure 8 : localisation des sondes de suivi de la température sur le bassin versant du Bellary

Pour faciliter l'interprétation des résultats, les stations seront analysées de l'amont vers l'aval, en commençant donc par la station BEL\_04.

### ◇ Station BEL\_04 (Château de Bellary)

La station se situe à la sortie de la forêt de Bellary. Il n'y a pas d'ouvrage recensé entre la source située à 3 km à l'amont et la station. Une autre source, appelée la Fontaine Noire est également présente à environ 1 km à l'amont. Cette station nous servira de référence de la température de l'eau non influencée par quelconque ouvrage.

Sur cette station, la température a varié entre 2,42°C et 20,87°C durant l'année 2022, avec une moyenne annuelle de 12,4°C.

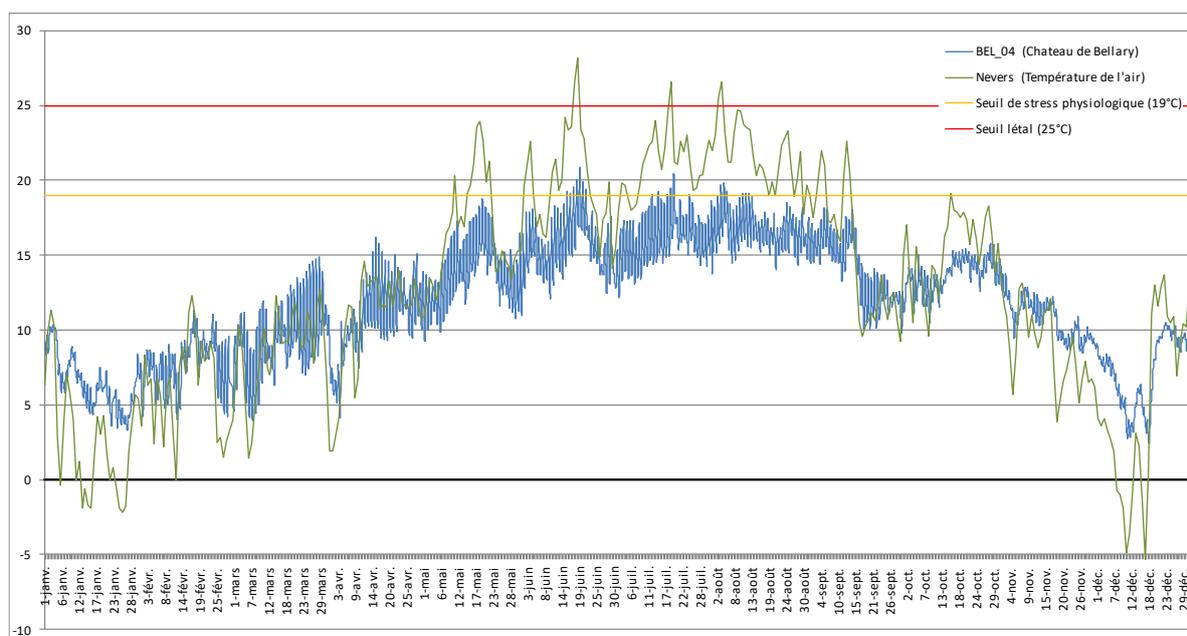


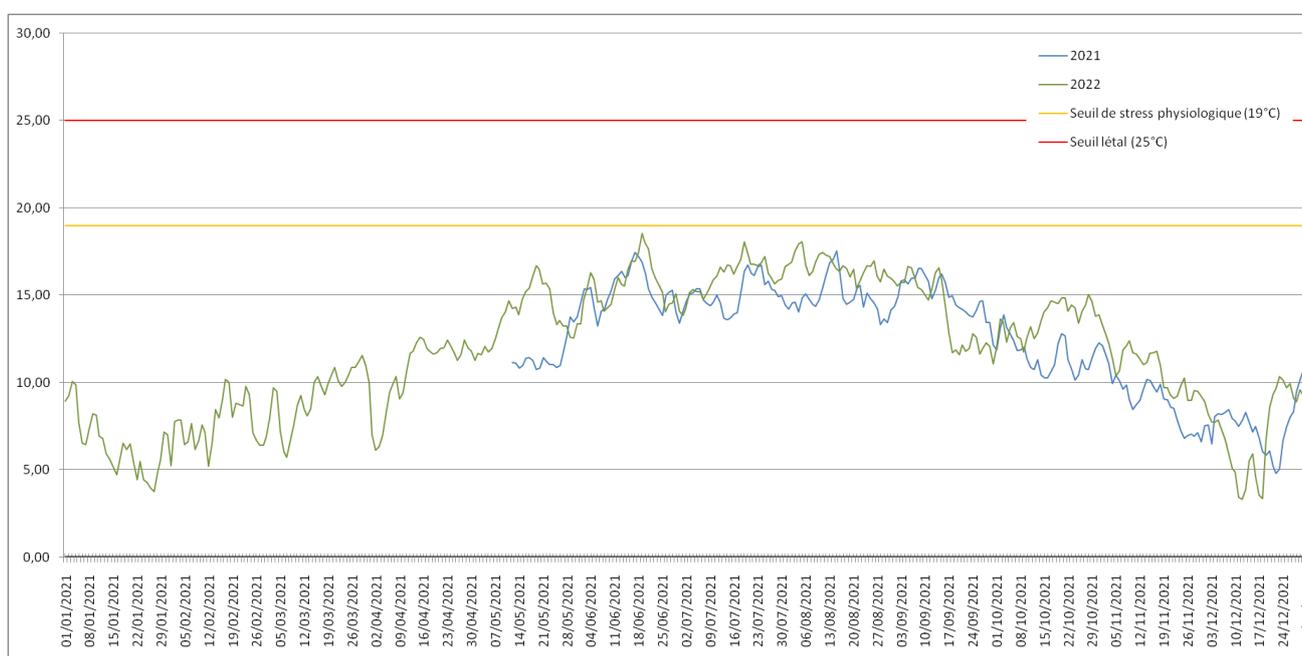
Figure 9 : Comparaison des températures instantanées de la station BEL\_04 durant l'année 2022 avec la température de l'air

BEL_04		2021	2022
Données générales	Tmin	4,48 °C	2,42 °C
	Tmax	19,32 °C	20,87 °C
	Tmj min	4,83 °C	3,35 °C
	Tmj max	17,53 °C	18,53 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	15,52 °C	16,85 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	7 h	73 h
	Nseq Ti > 19	2	19
	Nmax Tic > 19	4 h	9 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

Tableau 4 : Tableau comparatif des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station BEL\_04

Le secteur amont du ruisseau de Bellary semble garder des températures fraîches et compatibles avec les exigences thermiques de la truite fario. La température de l'eau est corrélée à celle de l'air mais elle présente des variations moins importantes. Les variations saisonnières et en particulier les températures très chaudes ou très froides ne se répercutent pas totalement sur la température de l'eau, qui a une certaine inertie et « tamponne » ces variations. Le couvert forestier, les liens avec la nappe d'accompagnement et la présence de sources proches de la station peuvent expliquer cette relative stabilité annuelle, bien que la variation journalière soit marquée.

Le seuil léthal de la truite est loin d'être approché, avec une température maximale instantanée de 20,9 °C. Le seuil de stress physiologique a été dépassés à 19 reprises sur l'année 2022 alors qu'il n'avait été atteint que 2 fois en 2021, mais sur de courtes périodes. L'impact possible sur les truites est donc faible. La Tm30j max est d'ailleurs inférieur à 17°C ce qui confirme la compatibilité avec l'espèce.



**Figure 10 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station BEL\_04 entre 2021 et 2022**

La comparaison des températures moyennes journalière montre des températures plus importantes à l'été et l'automne 2022 qu'en 2021. Sur ces deux années de suivi, la température moyenne journalière n'a pas atteint les 19°C.

### ◇ Station BEL\_03 (Amont second étang)

La station BEL\_03 se situe à l'aval immédiat du 1<sup>er</sup> étang le plus amont du ruisseau, comme le montre la figure 8. Le ruisseau s'écoule dans une prairie. La sonde est dans la partie amont de cette prairie. Elle mesure donc la température de l'eau du cours d'eau après la restitution par cet étang.

Durant l'année 2022, la température de l'eau du ruisseau de Bellary sur cette station été comprise entre 2,77°C et 28,37°C, avec une moyenne annuelle de 14,88°C.

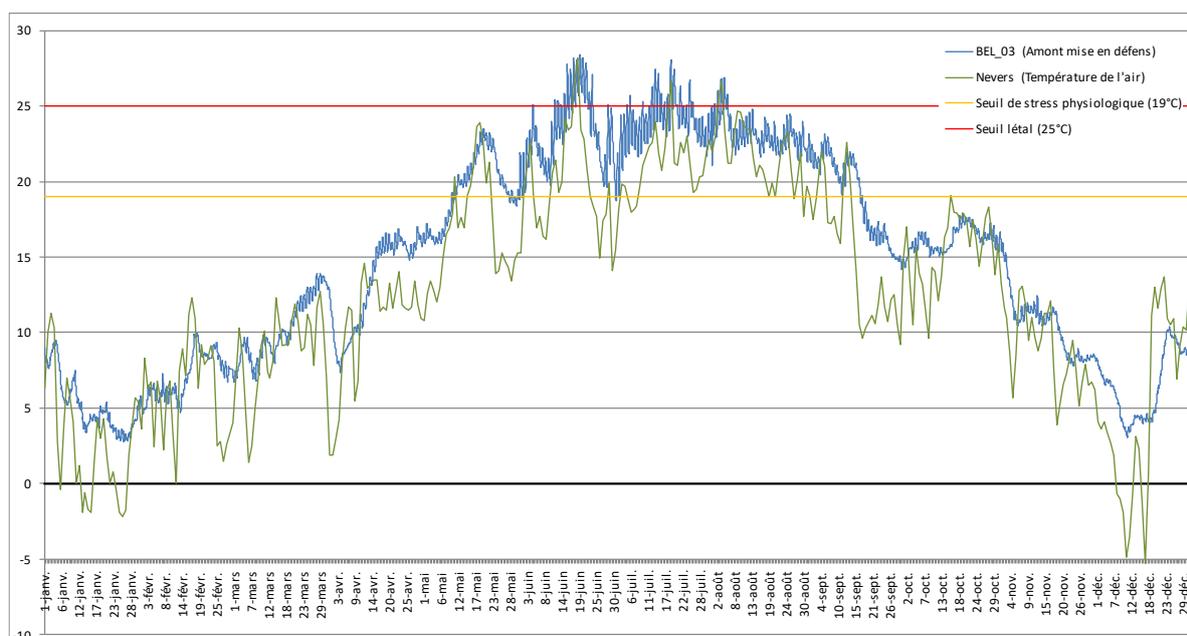


Figure 11 : Comparaison des températures instantanées à la station BEL\_03 et de l'air à Nevers durant l'année 2022

BEL_03		2021	2022
<b>Données générales</b>	<b>Tmin</b>	2,69 °C	2,77 °C
	<b>Tmax</b>	27,11 °C	28,37 °C
	<b>Tmj min</b>	2,98 °C	3,03 °C
	<b>Tmj max</b>	26, °C	27,01 °C
	<b>Tmoyenne annuelle</b>	15,98 °C	14,88 °C
<b>Préferendum thermique de</b>	<b>Tm30j max</b>	22,75 °C	24,38 °C
<b>Seuil de stress physiologique</b>	<b>Nti &gt; 19</b>	2526 h	3064 h
	<b>Nseq Ti &gt; 19</b>	15	9
	<b>Nmax Tic &gt; 19</b>	1002 h	1867 h
<b>Seuil létal</b>	<b>Nti ≥ 25</b>	185 h	413 h
	<b>Nseq Ti ≥ 25</b>	15	34
	<b>Nmax Tic ≥ 25</b>	40 h	97 h

Tableau 5 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station BEL\_03

La température de l'eau sur cette station a dépassé à plusieurs reprises le seuil légal de la truite en 2022. La température moyenne journalière a atteint 27°C. La Tm30j max est de plus de 24°C.

Les températures de l'eau relevées sont même supérieures aux températures moyennes journalières de l'air, alors que ce n'est pas le cas sur la station BEL\_04. L'ensoleillement important de la surface de l'étang est probablement à l'origine de ce phénomène.

Dans ces conditions, les températures estivales sont trop importantes pour permettre la survie des espèces d'eau fraîches, comme la truite mais également le vairon, le chabot et probablement d'autres espèces.

Le réchauffement peut clairement être imputé à l'étang, qui est le seul ouvrage présent pouvant avoir un impact sur le réchauffement de l'eau, surtout de cette ampleur, sur ce linéaire très réduit qui sépare les stations.

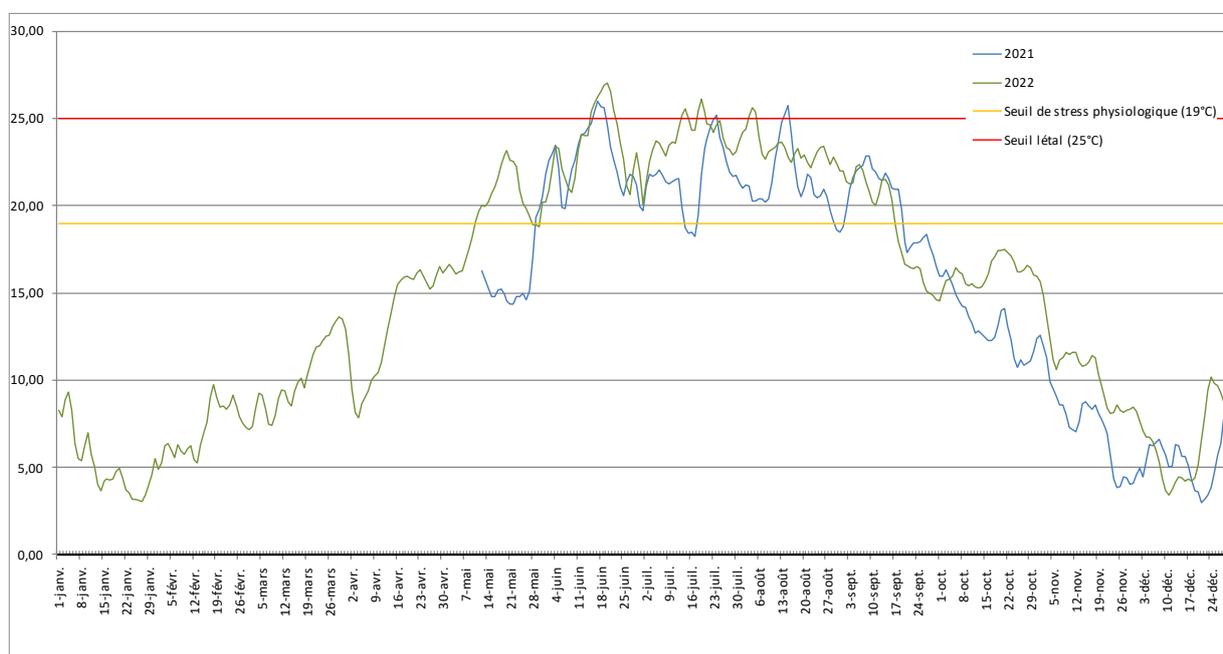


Figure 12 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station BEL\_03 entre 2021 et 2022

La comparaison des températures moyennes journalières de 2021 et 2022 nous montre des températures globalement plus élevées en 2022 qu'en 2021, bien que des pics de tmj à plus de 25°C étaient déjà recensés en 2021 (année n'ayant pourtant pas vu un été particulièrement chaud et ensoleillé). Cela montre l'importance du réchauffement provoqué par l'étang, qui permet un réchauffement rapide de la température de l'eau sur les périodes estivales dès que l'ensoleillement et les premières chaleurs apparaissent.

### ◇ Station BEL\_02 (Les Pivotins)

Cette station est située en aval du deuxième étang, au niveau des Pivotins. La température de l'eau est mesurée dans le cours d'eau, dans une parcelle de prairie. Elle intègre donc l'influence des 2 étangs situés à l'amont de la station.

La température de l'eau relevée sur cette station a varié entre 1,59°C et 29,62°C durant l'année 2022, avec une moyenne annuelle de 14,72°C.

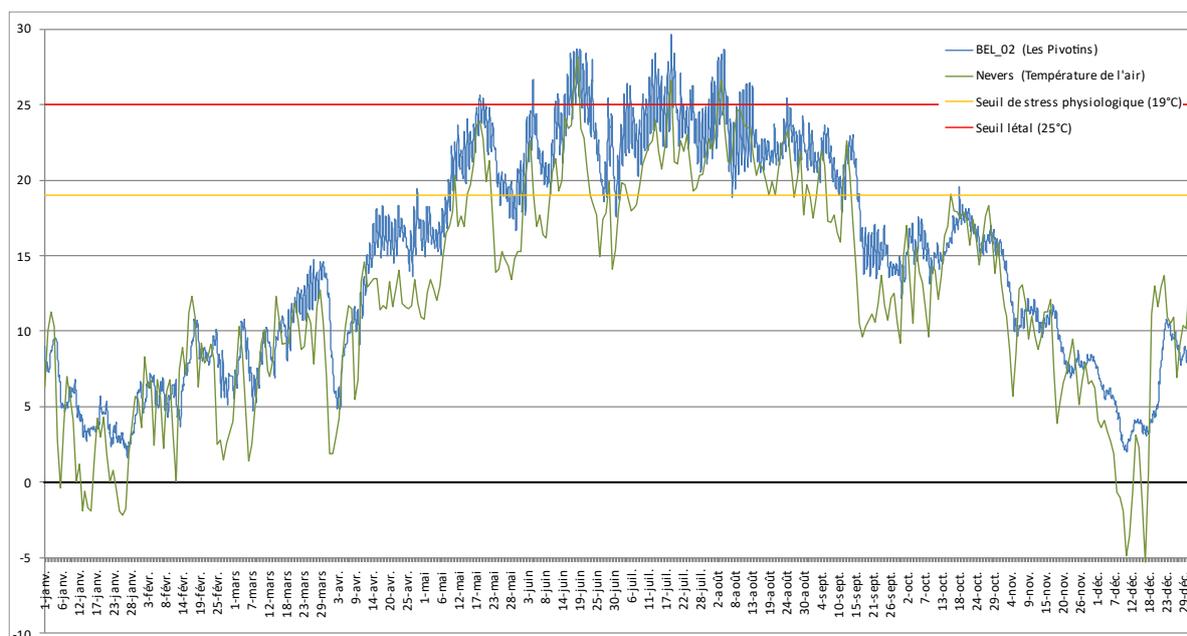


Figure 13 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station BEL\_02 et de l'air à Nevers durant l'année 2022

BEL_02		2021	2022
Données générales	Tmin	2,32 °C	1,59 °C
	Tmax	27,73 °C	29,62 °C
	Tmj min	2,75 °C	2,13 °C
	Tmj max	26,12 °C	27,09 °C
	Tmoyenne annuelle	15,8 °C	14,72 °C
Préferendum thermique de	Tm30j max	22,88 °C	24,38 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	2506 h	3006 h
	Nseq Ti > 19	19	20
	Nmax Tic > 19	977 h	862 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	251 h	499 h
	Nseq Ti ≥ 25	22	45
	Nmax Tic ≥ 25	41 h	66 h

Tableau 6 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station BEL\_02

Sur cette station en aval du deuxième étang, le constat est exactement le même qu'en aval du 1<sup>er</sup>. La température de l'eau atteint également des températures très élevées. La température maximale instantanée est 1°C plus élevée que sur BEL\_03 à 26,6°C, mais les températures restent par ailleurs en tout point similaires tout au long de l'année entre les deux stations : la Tm30j max est exactement identique, le temps passé au-dessus de 19 et 25 °C est exactement le même.

On ne constate donc pas d'effet cumulatif à la suite du deuxième étang, ajouterait un réchauffement supplémentaire. La température du cours d'eau à la sortie du deuxième étang est la même que la température à la sortie du 1<sup>er</sup>.

Les stations BEL\_03 et BEL\_02 sont distantes de 2000m. Le deuxième étang augmente donc le linéaire de cours d'eau impacté par le réchauffement de l'eau, mais ne fait pas augmenter plus haut la température de l'eau.

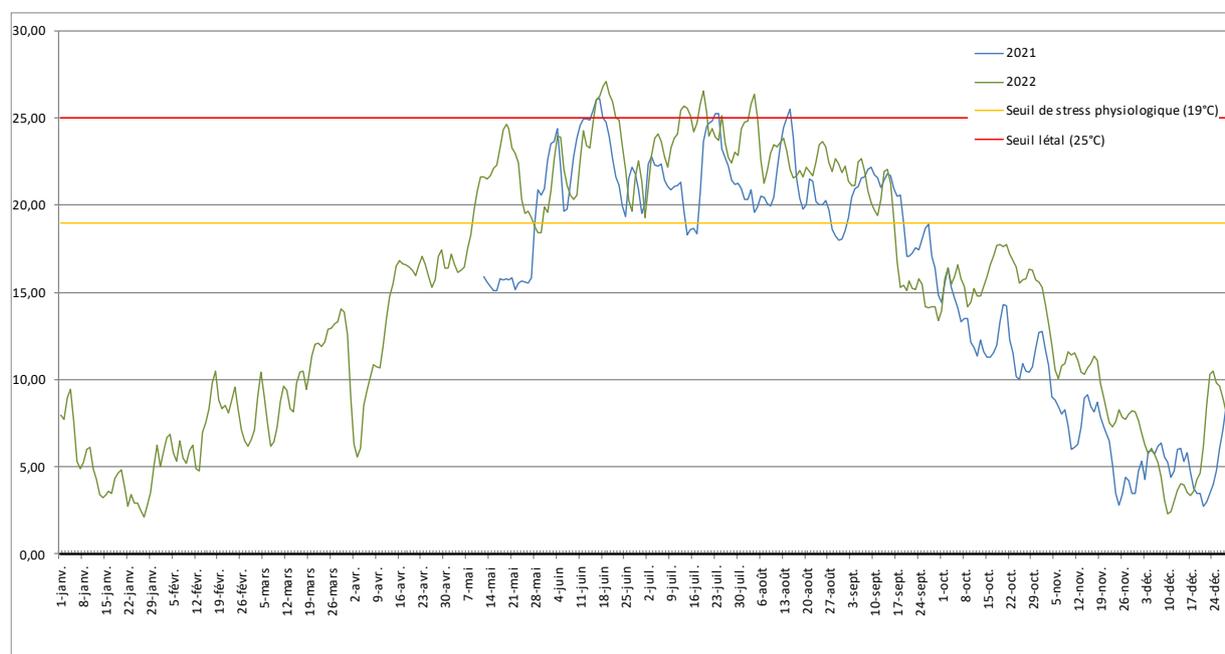


Figure 14 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station BEL\_02 entre 2021 et 2022

La comparaison des températures moyennes journalières de 2021 et 2022 montre des températures plus chaudes en 2022 qu'en 2021, à la fois en température maximale et en temps passé au-dessus de 19 et 25°C.

### ◇ Station BEL\_01 (Amont confluence Asvins)

Cette station est la plus aval du bassin versant. Elle se sur le ruisseau de Bellary, juste à l'amont de la confluence avec l'Asvins. Elle est placée à 3000 m en aval de la station BEL\_02.

Sur cette station, les températures relevées ont été comprises entre 0.69°C et 24,77°C durant l'année 2022, avec une moyenne annuelle de 13.36°C.

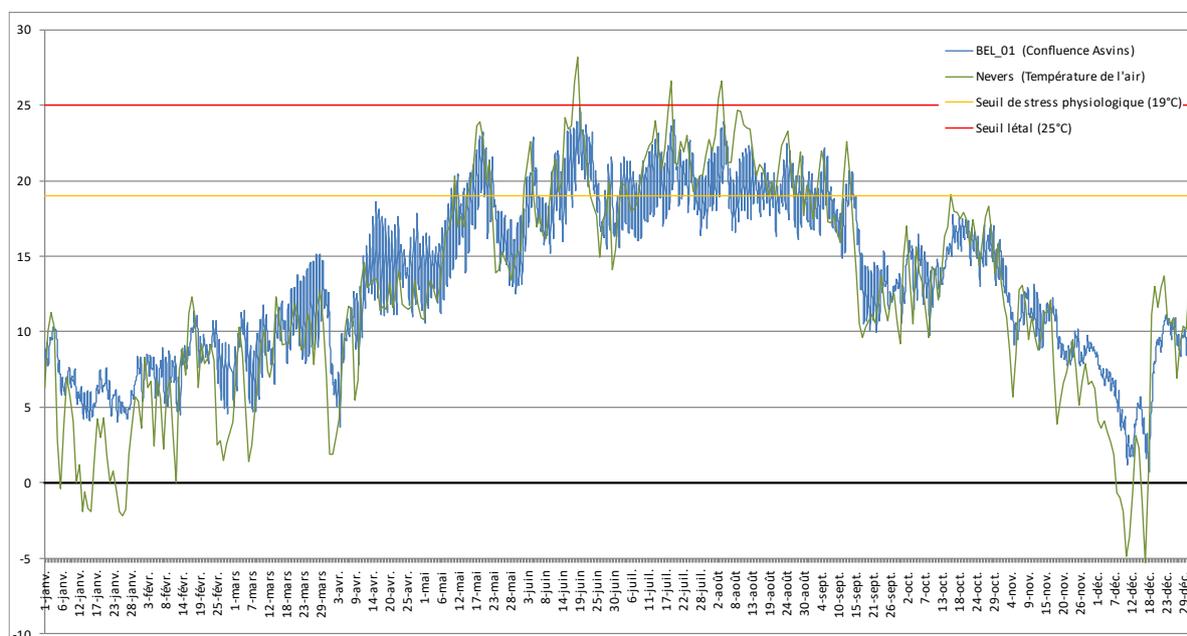


Figure 15 : Comparaison des températures relevées à la station BEL\_01 et de l'air à Nevers durant l'année 2022

BEL_01		2021	2022
Données générales	Tmin	3,43 °C	,69 °C
	Tmax	24,17 °C	24,77 °C
	Tmj min	4,1 °C	2,13 °C
	Tmj max	22,38 °C	23,06 °C
	Tmoyenne annuelle	14,15 °C	13,36 °C
Préferendum thermique de	Tm30j max	19, °C	20,17 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	994 h	1588 h
	Nseq Ti > 19	77	91
	Nmax Tic > 19	92 h	183 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

Tableau 7 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station BEL\_01

En 2022 comme en 2021, le seuil létal de la truite n'a pas été atteint sur cette station. La température maximale instantanée a approché les 25°C mais ne les a jamais dépassés. La température est bien moins élevée que sur les deux stations précédentes.

La Tm30j max de 20,17°C et les 1588 h passées au-dessus de 19°C en 2022 montrent l'incompatibilité des températures avec les exigences thermiques de la truite fario.

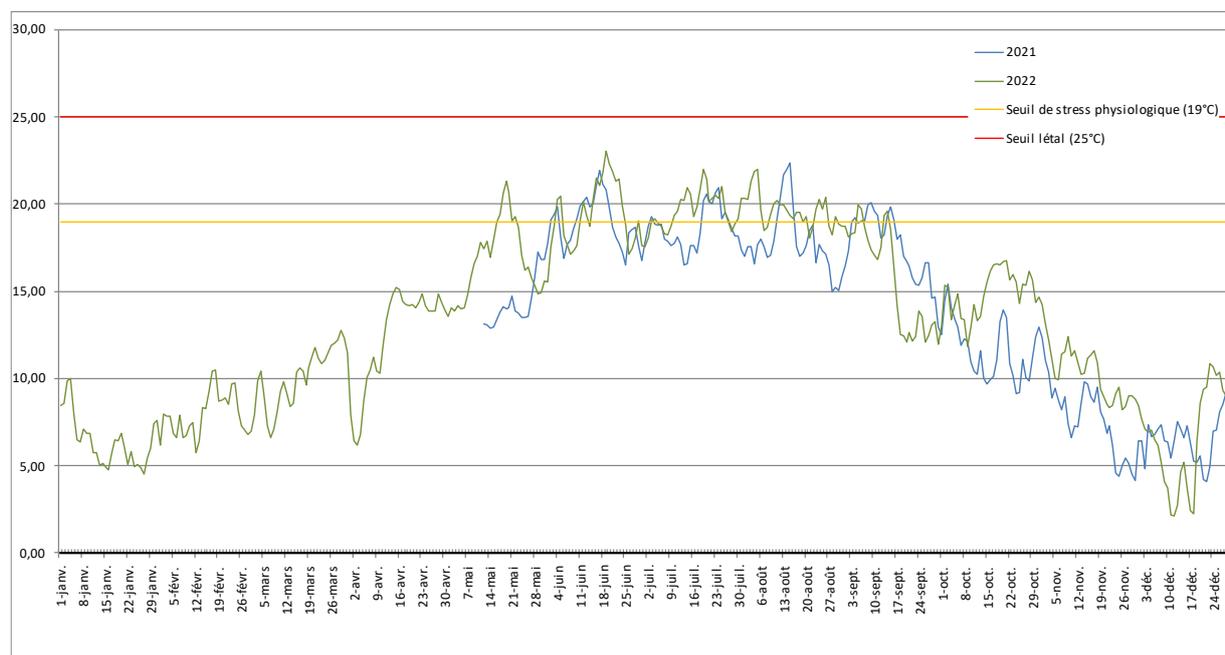


Figure 16 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station BEL\_01 entre 2021 et 2022

Il n'y a que peu d'écart entre 2021 et 2022 sur les températures maximales et les températures moyennes journalières maximales. Cependant, la Tm30j max a augmenté de 1,17°C passant de 19°C à 20,17°C, montrant des températures globalement plus élevées sur la période estivale. Le nombre total d'heures passées au-dessus de 19°C est d'ailleurs passé de 994 h en 2021 à 1588 h en 2022.

L'impact des étangs est donc atténué après ces 3 km de cours d'eau, dont une partie est en prairie avec une ripisylve bien développée.

## ◇ Comparaison des résultats

La comparaison de l'évolution des températures sur les 4 stations montre des différences importantes entre les différentes stations.

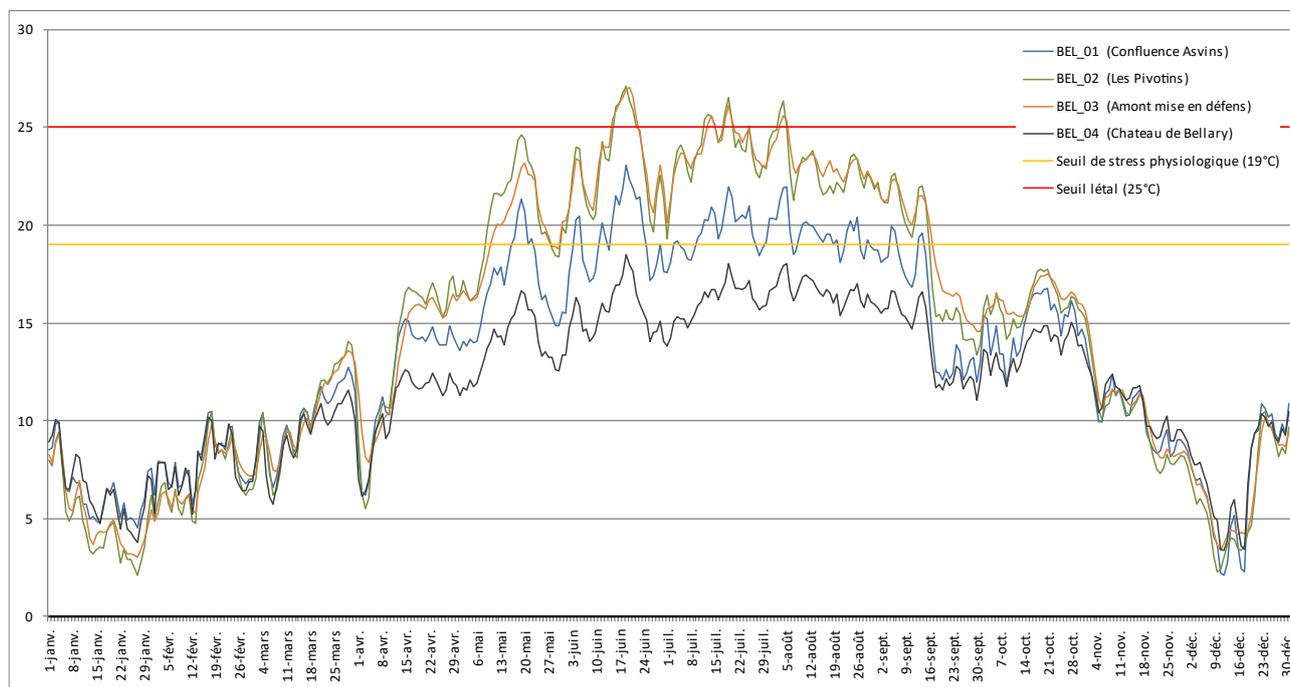


Figure 17 : Comparaison de l'évolution des températures moyennes journalières des stations de suivi du ruisseau de Bellary durant l'année 2022

		Année 2022				
		BEL_01	BEL_02	BEL_03	BEL_04	
Température minimale instantanée	Données générales	Tmin	0,69 °C	1,59 °C	2,77 °C	2,42 °C
Température maximale instantanée		Tmax	24,77 °C	29,62 °C	28,37 °C	20,87 °C
Température moyenne annuelle		Tma	13,36 °C	14,72 °C	14,88 °C	11,85 °C
Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds	Préférendum thermique truite	Tm30j max	20,17 °C	24,38 °C	24,38 °C	16,85 °C
Nbr heures total temp. supérieure à 19°C	Stress physiologique	Nti > 19	1588	3006	3064	73
Nbr de séquences dépassant température de 19°C		Nseq Ti > 19	91	20	9	19
Nbr d'heures max consécutives de températures sup à 19°C		Nmax Tic > 19	183	862	1867	9
Nbr heures total temp. supérieure ou égale à 25°C	Seuil léthal	Nti ≥ 25	/	499	413	/
Nbr de séquences dépassant température de 25°C		Nseq Ti ≥ 25	/	45	34	/
Nbr d'heures max consécutives de températures sup à 25°C		Nmax Tic ≥ 25	/	66	97	/

Tableau 8 : Tableau récapitulatif des données de l'année 2022

La comparaison de l'évolution des températures moyennes journalières de l'année 2022 relevées sur les stations de suivi du Bellary permet de constater des variations de températures plus importantes sur les stations BEL\_01, BEL\_02 et BEL\_03 que sur BEL\_04.

De janvier 2022 à la mi-février, la température est plus basse sur les stations BEL\_02 et BEL\_03 que sur BEL\_01 et BEL\_04. Les deux stations relevant les températures les plus froides se situent

à l'aval des étangs du bassin versant. La grande surface d'eau stagnante augmente le temps et la surface de contact entre l'air et l'eau. La température de l'eau est donc plus influencée par celle de l'air à la suite de ces pièces d'eau.

De la mi-février à la mi-mars, les températures sont similaires sur toutes les stations.

Sur toute la période estivale, de la mi-mars à la fin octobre 2022, des écarts de températures importants se creusent entre les stations.

La température instantanée la plus élevée est relevée sur la station BEL\_02, donc en aval du deuxième étang. Elle était de 29,62°C le 18 juillet 2022. Le même jour, la température maximale relevée sur les autres stations était de 23,64°C sur BEL\_01, 28,07°C pour BEL\_03 et 19,43°C relevés par la sonde de BEL\_04.

Le 18 juillet, il y a donc eu un réchauffement maximum de 8,64°C entre BEL\_04 et BEL\_03. Ce même jour, l'écart entre les températures maximales enregistré était de 1,57°C entre BEL\_02 et BEL\_03, soit 10,19°C d'écart entre BEL\_02 et BEL\_04 !

Entre BEL\_02 et BEL\_01, un écart significatif de température est également relevé, mais cette fois-ci dans le sens d'un refroidissement : La température maximale relevée était 5,98°C plus fraîche sur BEL\_01 que sur BEL\_02.

Le même constat peut être fait avec les température moyennes journalières maximales, relevées respectivement à 23,06°C, 27,09°C, 27,01°C, et 18,53°C sur les stations BEL\_01, BEL\_02, BEL\_03 et BEL\_04.

L'augmentation de la température moyenne journalière maximale est donc de 8,5°C entre l'amont des étang et l'aval, que se soit du 1<sup>er</sup> ou 2<sup>nd</sup> étang.

Ce réchauffement n'est plus que de 4,5°C entre l'amont des étangs et la confluence avec le Bellary. Autrement dit, la température a diminué de 4°C sur les 3 km entre l'aval du 2<sup>nd</sup> étang et l'amont de la confluence avec l'Asvins, soit une perte de 1,3°C par km.

Ces résultats montrent à la fois un réchauffement de l'eau important à la suite de chaque étang et une diminution de la température de l'eau dans le cours d'eau entre le 2<sup>nd</sup> étang et la confluence avec l'Asvins.

Le réchauffement important constaté aux sur les stations BEL\_02 et BEL\_03 ne peut donc être expliqué que par la présence des étangs, et le réchauffement qu'il provoquent sur l'eau du cours d'eau en aval est quantifiable, de l'ordre de 8°C en plein été. Le réchauffement observé ne peut pas être assimilé à un réchauffement linéaire avec l'éloignement de la source, car on observe une diminution de la température entre l'aval de l'étang et la confluence avec l'Asvins.

## ◆ La Douceline

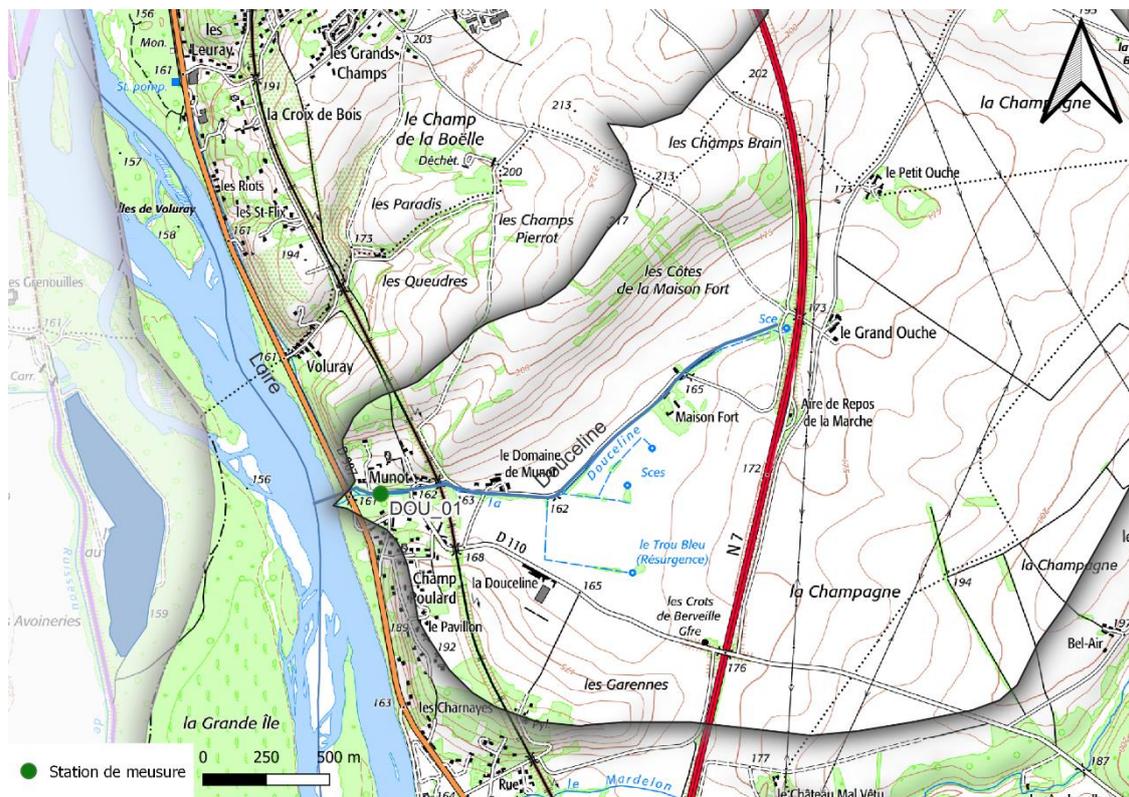


Figure 18 : Localisation de la sonde sur le bassin versant de la Douceline

La Douceline est un cours d'eau de 1<sup>er</sup> catégorie piscicole. Ce petit cours d'eau est alimenté par différentes sources, dont une résurgence importante nommée le Trou Bleu. Elle s'écoule sur un bassin versant quasiment totalement en culture céréalière, à l'exception d'une prairie sur la partie amont du cours d'eau, jusqu'à Maison Fort.

La ripisylve y est souvent arbustive et discontinue. Un recalibrage important du cours d'eau a été effectué, facilitant le travail mécanique de parcelles cultivées entre lesquels elle s'écoule.

La station se situe tout à l'aval du cours d'eau, dans une portion soumise à l'influence du seuil de dérivation permettant le maintien d'un niveau d'eau dans le bief (en partie comblé) qui longe la Loire en direction de la Charité sur Loire.

Sur la Douceline, les températures relevées ont varié entre 7,27°C et 18,72°C durant l'année 2022

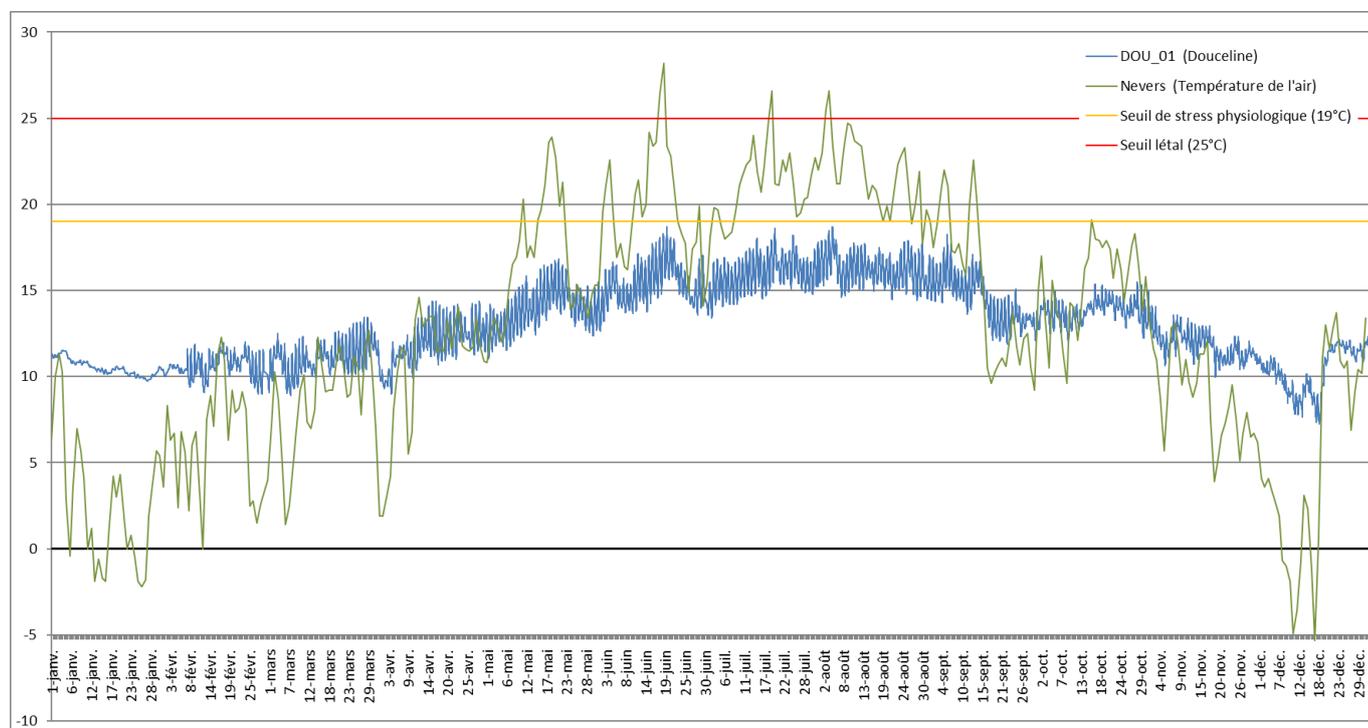


Figure 19 : Comparaison des températures relevées à la station DOU\_01 et de l'air à Nevers durant l'année 2022

Tableau 9 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station DOU\_01

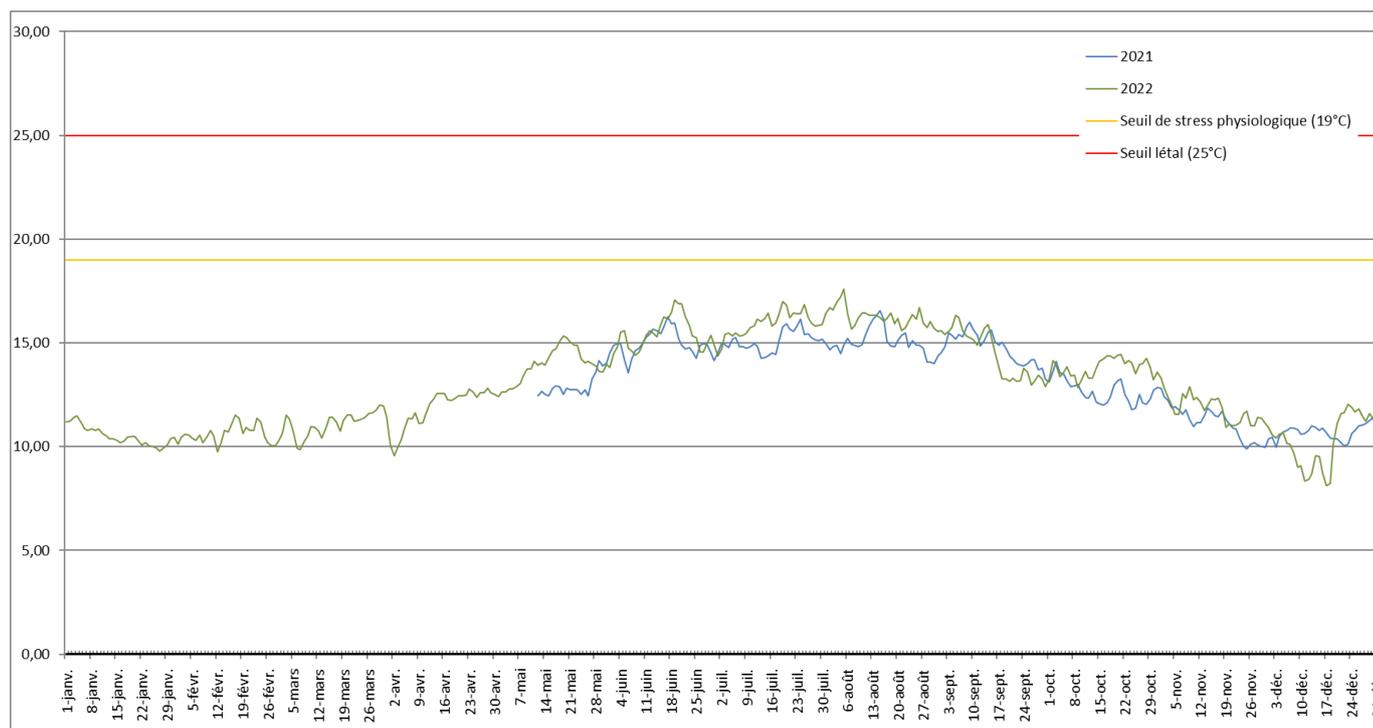
DOU_01		2021	2022
Données générales	Tmin	9,76 °C	7,27 °C
	Tmax	18,03 °C	18,72 °C
	Tmj min	9,88 °C	8,14 °C
	Tmj max	16,56 °C	17,6 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	15,4 °C	16,4 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	/	/
	Nseq Ti > 19	/	/
	Nmax Tic > 19	/	/
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

Les températures relevées sur la station DOU\_01 montrent une très grande stabilité sur l'année. L'écart entre la température journalière moyenne minimale et maximale est de moins de 10°C.

La température de l'eau n'a donc jamais été mesuré au-dessus de 19°C et du seuil de stress physiologique de la truite fario.

De tous les cours d'eau suivis, c'est celui qui présente la température la plus stable. Cette stabilité s'explique par le caractère karstique de la zone. La grande majorité du débit est apporté par la résurgence du Trou Bleu, qui apporte en permanence de l'eau à la température quasiment constante au cours de l'année.

La température est donc tout à fait adaptée aux exigences de la truite fario. En plus de ne pas dépasser les seuils de stress physiologique, elle reste suffisamment chaude en hivers pour permettre aux poissons de continuer à s'alimenter et pour ne pas compromettre le développement des œufs et des alevins.



**Figure 20 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station DOU\_01 entre 2021 et 2022**

La comparaison des températures moyennes journalières de 2021 et 2022 montrent une évolution très similaire des températures de l'eau, qui restent assez éloignées des seuils du seuil de stress de la truite fario malgré les épisodes caniculaires de 2022.

Cette grande stabilité et similitude d'année en année est le signe d'un cours d'eau karstique dont la résurgence importante fournit la majorité du débit.

### ◆ Bassin versant de la Nièvre

Une sonde est située sur la Nièvre de Champlémy, l'autre sur la Nièvre d'Arzembouy. Elles sont, à quelques kilomètres à l'amont de leur confluence formant la Nièvre.

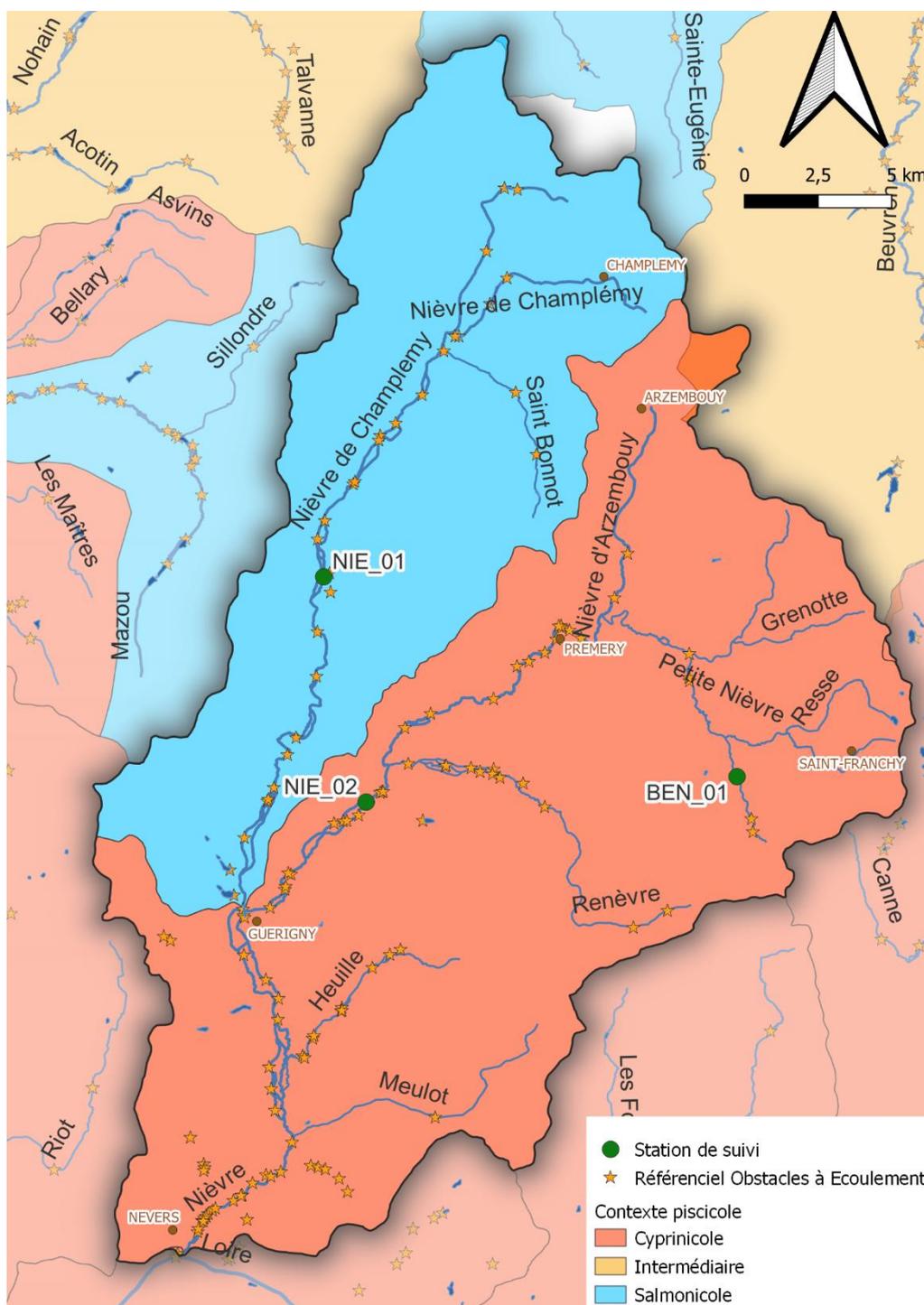


Figure 21 : Localisation des sondes sur le bassin versant de la Nièvre

La Nièvre de Champlémy est un cours d'eau en contexte Salmonicole de 1<sup>er</sup> catégorie piscicole. La Nièvre d'Arzembouy est un cours d'eau de seconde catégorie piscicole en contexte cyprinicole.

Les enjeux sur ces deux cours d'eau et les espèces cibles ne sont donc pas les mêmes.

Les deux rivières supportent par contre des pressions similaires. Le bassin versant est majoritairement occupé par de la prairie pâturée, le piétinement des berges est donc possible. Ces cours d'eau sont entravés par la présence de nombreux ouvrages et petits étangs (ROE matérialisé par des étoiles sur la carte). Enfin, une partie importante du linéaire de cours d'eau a été modifié et recalibré pendant le remembrement.

#### ◇ La Nièvre de Champlemy (NIE\_01)

La température de l'eau de la Nièvre de Champlemy à Beaumont-la-Ferrière a varié entre 2,24°C et 24,05°C durant l'année 2021, avec une moyenne annuelle de 12,91°C.

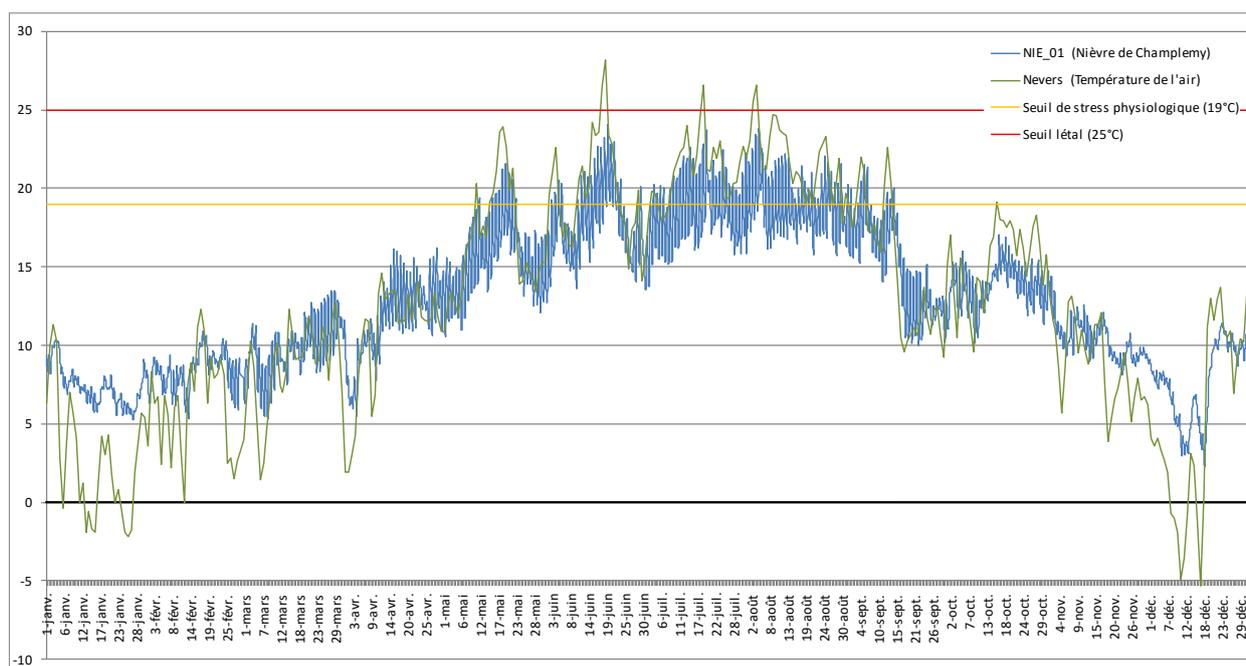


Figure 22 : Evolution des températures instantanées de la station NIE\_01 durant l'année 2021

Tableau 10 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station NIE\_01

NIE_01		2021	2022
Données générales	Tmin	4,56 °C	2,24 °C
	Tmax	22,56 °C	24,05 °C
	Tmj min	5,12 °C	3,36 °C
	Tmj max	20,08 °C	21,25 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	17,28 °C	19,26 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	302 h	968 h
	Nseq Ti > 19	34	93
	Nmax Tic > 19	17 h	46 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

La température a dépassé à de nombreuses reprises le seuil de stress physiologique de la truite sur l'année 2022. Au total, c'est 968 h passées au-dessus des 19°C, avec la période de stress la plus longue ayant duré 46h. Le seuil léthal n'a cependant pas été atteint.

La température moyenne journalière la plus chaude atteint 21.25°C.

La température moyenne des 30 jours successifs les plus chauds a été de 19,26°C.

Ces indicateurs témoignent de périodes de stress prolongées pour la truite, durant lesquels elles ne peuvent pas s'alimenter. Les températures relevées en 2022 peuvent donc avoir des effets néfastes à une éventuelle population de truite, en particulier chez les juvéniles, qui ont moins de capacité de résilience que les adultes.

La température peut donc être un facteur limitant à la population de truite fario sur la Nièvre de Champlemy à Beaumont-La-Ferrière.

Les indicateurs sont plus mauvais en 2022 qu'en 2021. Les conditions climatiques de l'été 2022 ont été particulièrement chaudes en ensoleillées, ce qui se répercute sur la température de l'eau.

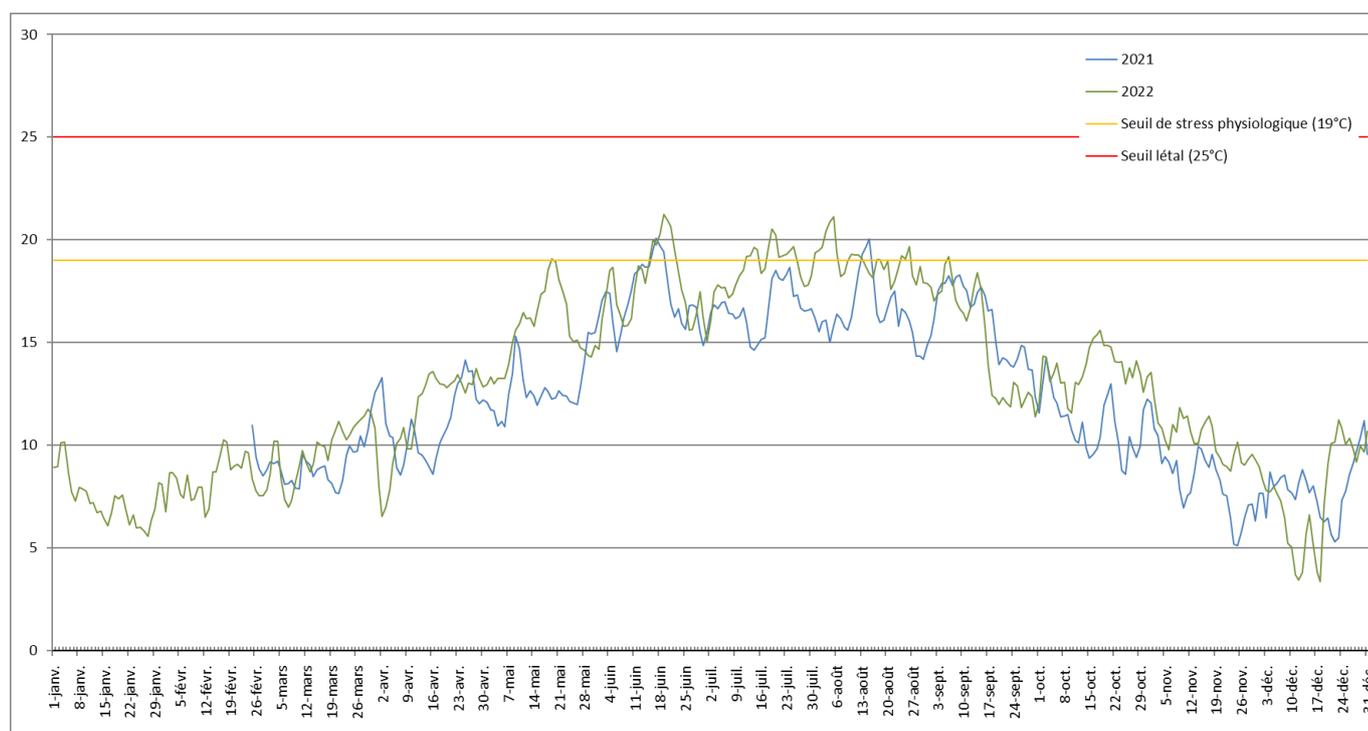


Figure 23 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station NIE\_01 entre 2021 et 2022

Les températures moyennes journalière sont plus chaude sur la période estivale et l'automne en 2022 qu'en 2021.

◆ **La Nièvre d'Arzembouy (NIE\_02)**

La température de l'eau de la Nièvre d'Arzembouy à l'amont de Poiseux a atteint au maximum 22,85°C et au minimum 2,69°C. La température moyenne annuelle est de 13,32°C.

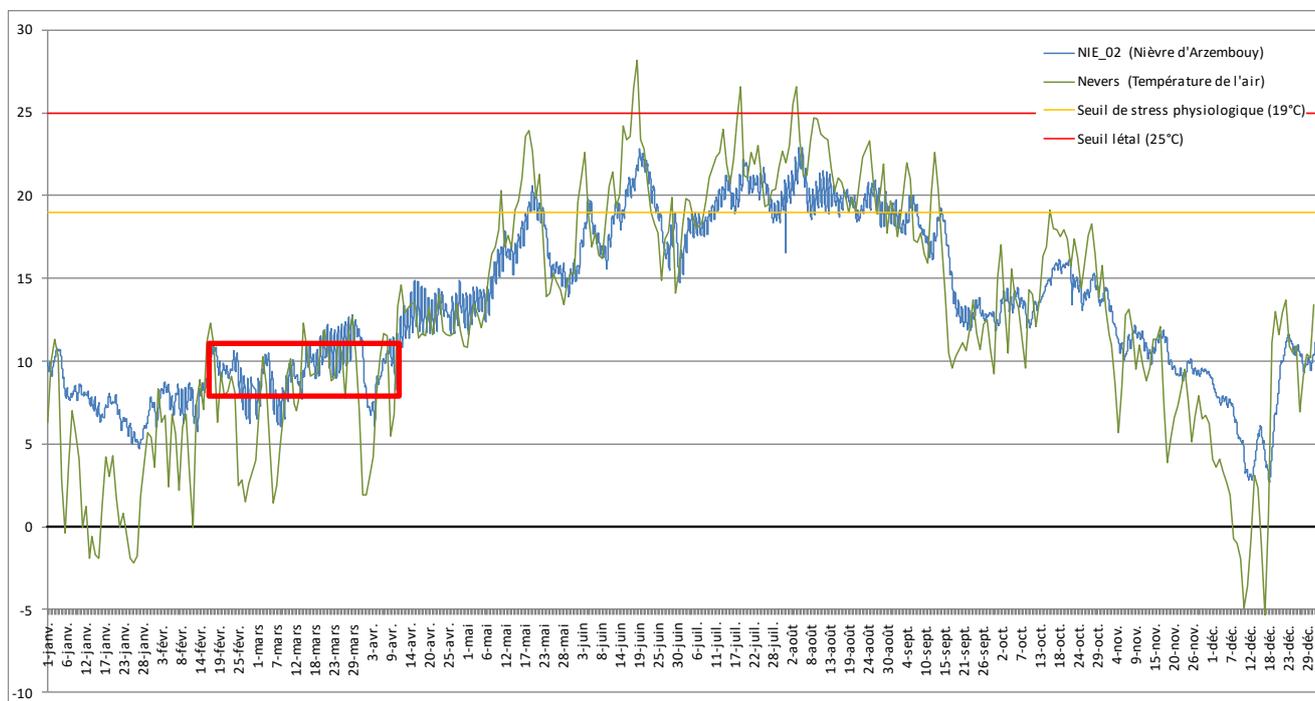


Figure 24 : Evolution des températures instantanées de la station NIE\_02 durant l'année 2022

Tableau 11 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station NIE\_02

NIE_02		2021	2022
Données générales	Tmin	4,77 °C	2,69 °C
	Tmax	21,89 °C	22,85 °C
	Tmj min	4,98 °C	3,07 °C
	Tmj max	21,48 °C	22,71 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	18,17 °C	20,37 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	397 h	1557 h
	Nseq Ti > 19	14	36
	Nmax Tic > 19	108 h	254 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

Sur la station NIE\_02, la température a dépassé les 19°C à 36 reprises, pour une durée totale de 1557 h, dont 254h consécutives. La température journalière maximale moyenne atteint 22,85°C et la Tm30j max dépasse les 20°C.

La température de l'eau de la Nièvre d'Arzembouy à Poiseux n'est donc pas compatible avec la présence de la truite fario. Ce résultat est cohérent avec le contexte le classement piscicole du cours d'eau.

Les températures du début de printemps (mi-février à début avril) semblent compatibles avec la reproduction du brochet, mais la reproduction de cette espèce nécessite également la connexion des annexes hydrauliques, dont la température peut différer de celle du cours d'eau.

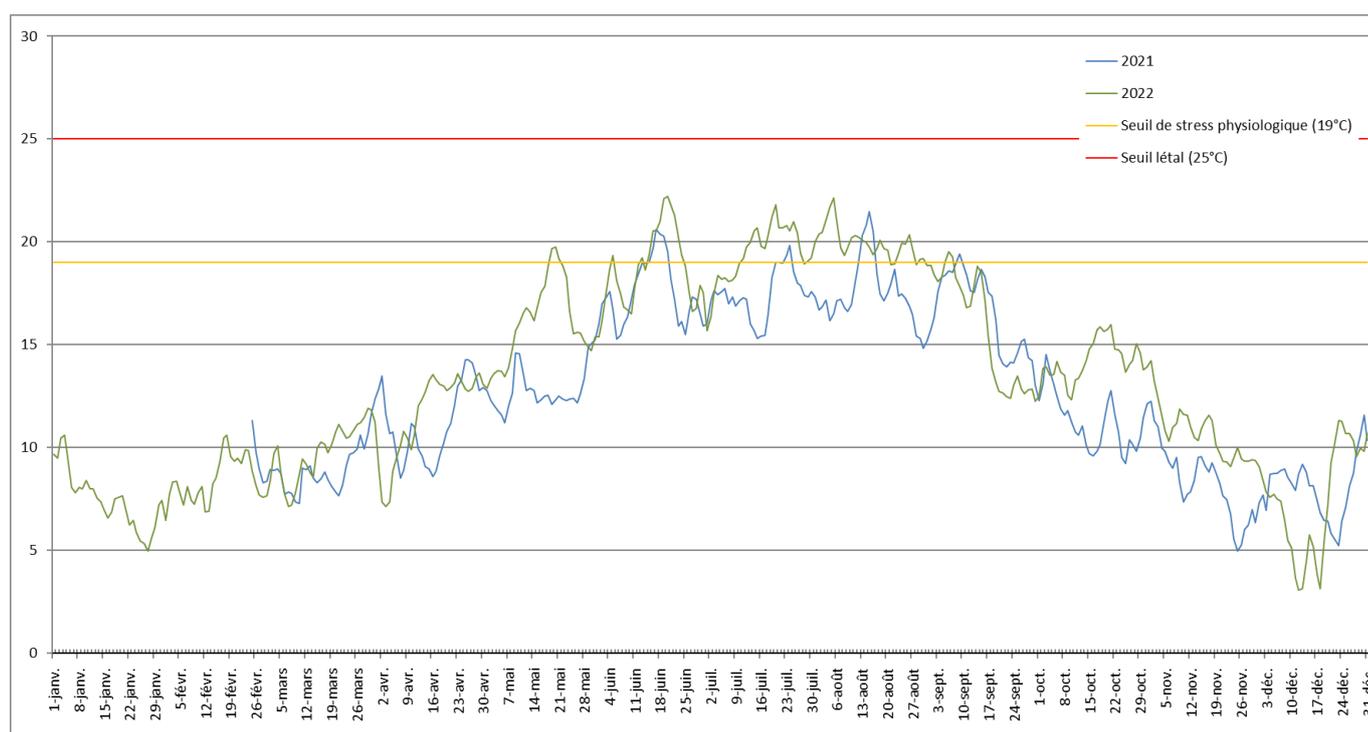


Figure 25 : Comparaison des températures moyennes journalières de la station NIE\_02 entre 2021 et 2022

En 2021, la température était restée sous les 19°C pendant une large majorité de la période estivale, avec seulement 3 pics de température et une Tm30j de 18,17°C. Les conditions de 2021 étaient donc compatibles avec la présence de la truite, malgré quelques périodes de stress physiologique.

En 2022, les périodes de stress sont bien plus longues et fréquentes, comme le montre la figure 25 ci-dessus.

Les conditions de température de l'air et d'ensoleillement sont donc très influents sur la température de l'eau de la Nièvre d'Arzembouy (comme sur celle de Champlemy d'ailleurs), malgré la présence de nombreuses sources et d'échanges probables avec la nappe d'accompagnement.

La présence de nombreux ouvrages et étangs accroît très certainement la sensibilité de la température de l'eau à la température de l'air et l'ensoleillement.

## ◇ Comparaison des résultats

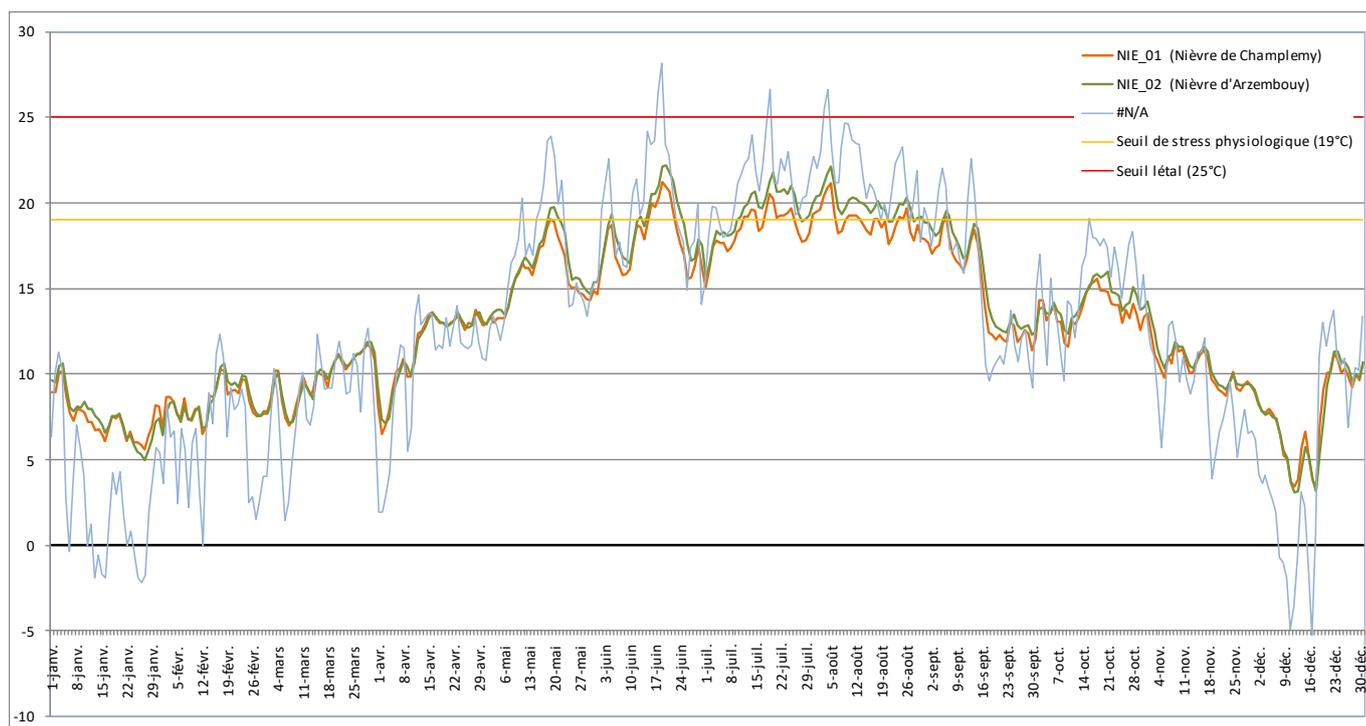


Figure 26 : Comparaison des températures moyennes journalières des stations NIE\_01, NIE\_02 et de l'air en 2022

Tableau 12 : comparaison des différents indicateurs thermiques sur les stations de la Nièvre en 2021 et 2022

Année suivie		2021		2022	
Code station		NIE_01	NIE_02	NIE_01	NIE_02
Données générales	Tmin	4,56 °C	4,77 °C	2,24 °C	2,69 °C
	Tmax	22,56 °C	21,89 °C	24,05 °C	22,85 °C
	Tmj min	5,12 °C	4,98 °C	3,36 °C	3,07 °C
	Tmj max	20,08 °C	21,48 °C	21,25 °C	22,71 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	17,28 °C	18,17 °C	19,26 °C	20,37 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	302 h	397 h	968 h	1557 h
	Nseq Ti > 19	34	14	93	36
	Nmax Tic > 19	17 h	108 h	46 h	254 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/	/	/

En 2022 comme en 2021, la Nièvre d'Arzembouy a un réchauffement plus marqué en été que la Nièvre de Champlemy. On constate environ 1°C d'écart entre les deux cours d'eau sur la température moyenne journalière la plus chaude comme sur la Tm30j max.

Cet écart moyen d'1°C peut faire la différence sur la capacité ou non à abriter différentes espèces piscicoles, et en particulier la truite.

L'année 2022 a présentée des conditions particulièrement chaudes, ce qui s'est répercuté sur la température des cours d'eau.

### ◆ La Nièvre de Saint-Benin (BEN\_02)

La station est située à 2700 m de des sources environs. Son positionnement bien plus haut sur le bassin versant que les deux stations précédentes rend moins pertinente la comparaison avec celles-ci.

Un étang est situé en barrage à la source de l'un des deux bras créant le cours d'eau, qui s'écoule dans des prairies pâturées à la ripsylve discontinue, voir éparse.

On recense deux ouvrages importants sur ce cours d'eau dans le ROE : le Moulin Neuf et le Moulin de Gignault.

Moins de 500 m en amont de la station se trouvent les Sources de Grand Fond, qui sont indiquées sur le SCAN25®.

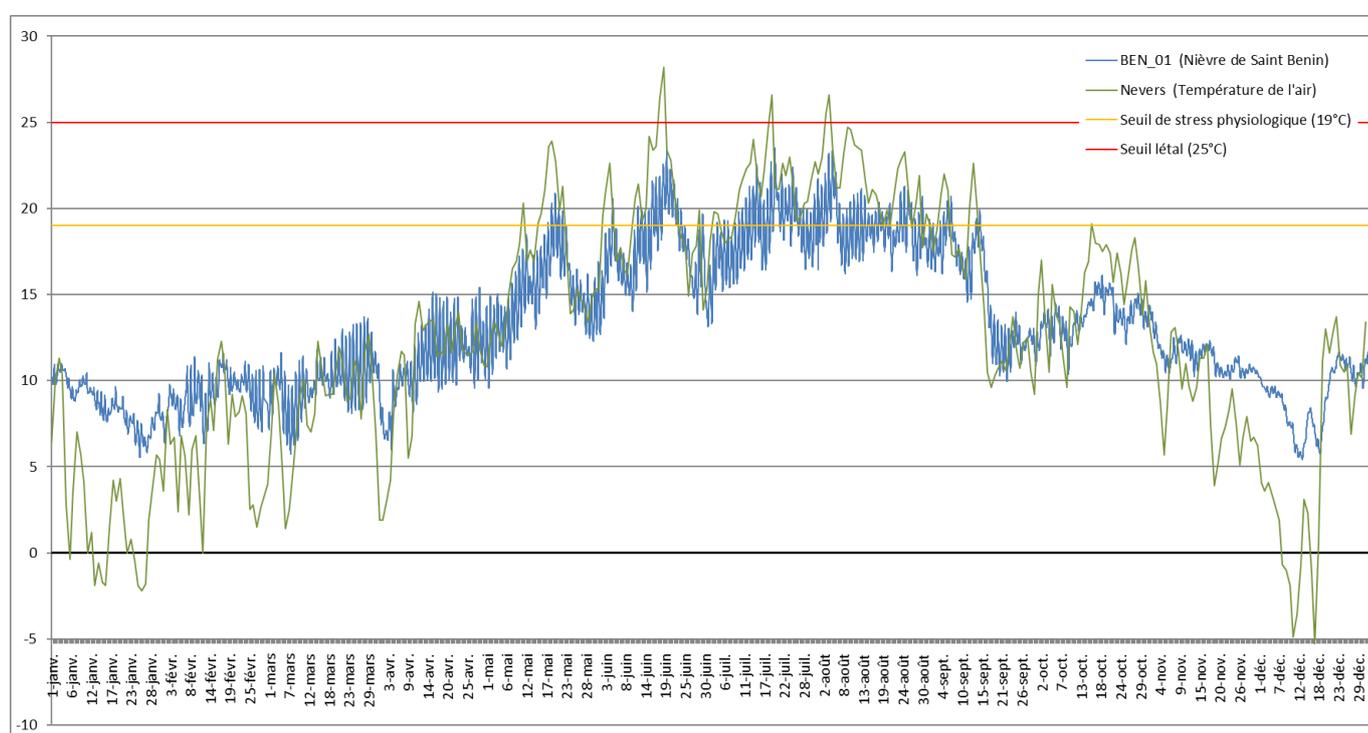


Figure 27 : Evolution des températures instantanées relevées sur la Station BEN\_01 comparées à la température de l'air

Tableau 13 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station NIE\_02

BEN_01		2021	2022
Données générales	Tmin	5,31 °C	5,44 °C
	Tmax	22,8 °C	23,5 °C
	Tmj min	5,78 °C	5,76 °C
	Tmj max	20,82 °C	21,44 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	17,37 °C	19,41 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	342 h	956 h
	Nseq Ti > 19	41	74
	Nmax Tic > 19	41 h	110 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

Au cours de l'année 2022, la température a variée entre 5.44 et 23,5 °C sur la station BEN\_02.

Malgré le positionnement très haut sur le bassin versant et la présence de sources très proches à l'amont, la température dépasse largement le seuil de stress physiologique en 2021 et en 2022. En 2022, ces dépassements sont beaucoup plus long et important, avec 956 h passées au dessus des 19°C et une température journalière moyenne maximale de 21,44°C.

La température minimale est cependant restée relativement élevée à 5,44°C, ce qui peut sans doute s'expliquer par la proximité des sources, donnant une eau à la température plus élevée que l'air en hivers.

Les températures estivales peuvent donc déjà sur ce point du bassin versant être un facteur limitant important au développement de la truite fario.

On peut remarquer que les températures estivales sont très similaires à celles relevées sur la Nièvre de Champlemy. Les températures hivernales sont cependant plus chaudes.

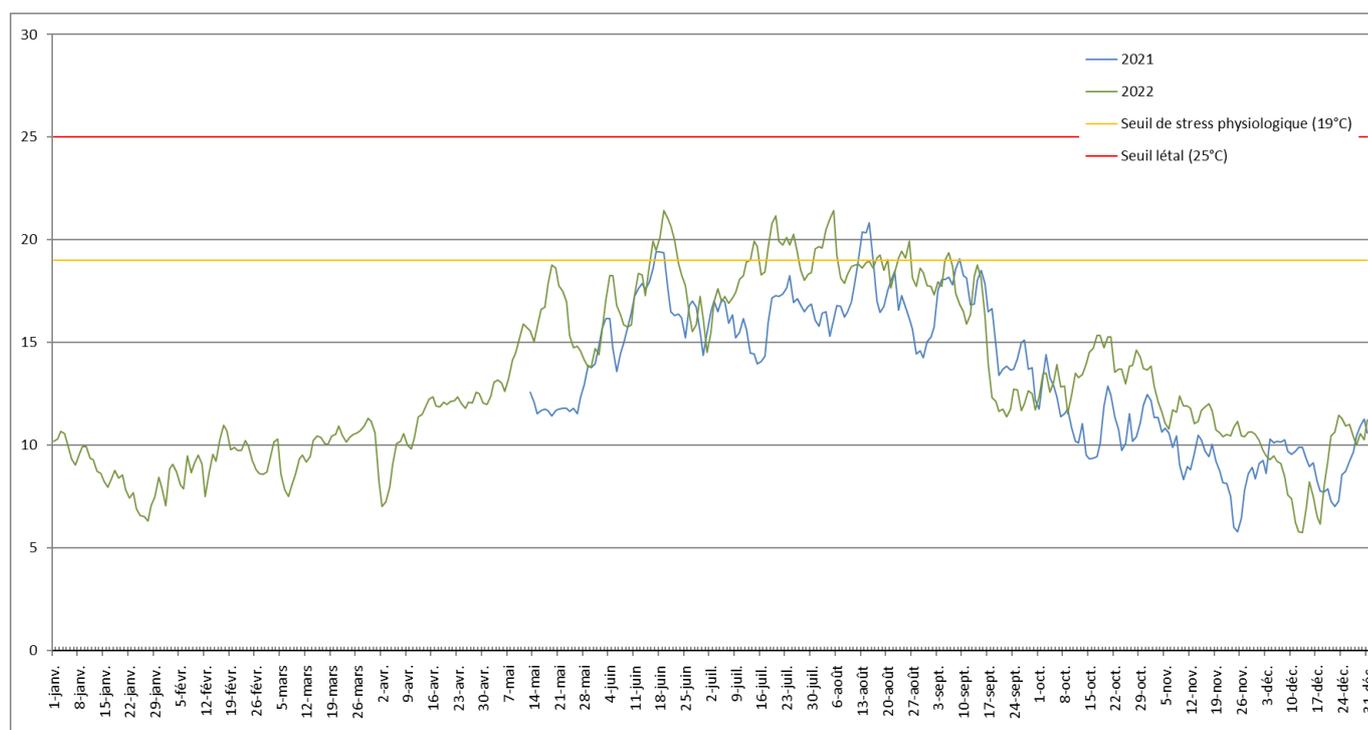


Figure 28 : Comparaison des températures moyennes journalières de BEN\_01 en 2021 et 2022

La comparaison des températures moyennes journalières montrent que la température extérieure et l'ensoleillement jouent un rôle important sur la température de l'eau sur cette station, surtout en été. En effet, les températures relevées sur la période estivale 2022 sont bien plus importantes qu'en 2021.

Les températures hivernales sont en revanche bien plus stables, ne descendant pas en dessous des 5°C sur les deux années de suivi.

### ◆ Bassin versant du Nohain

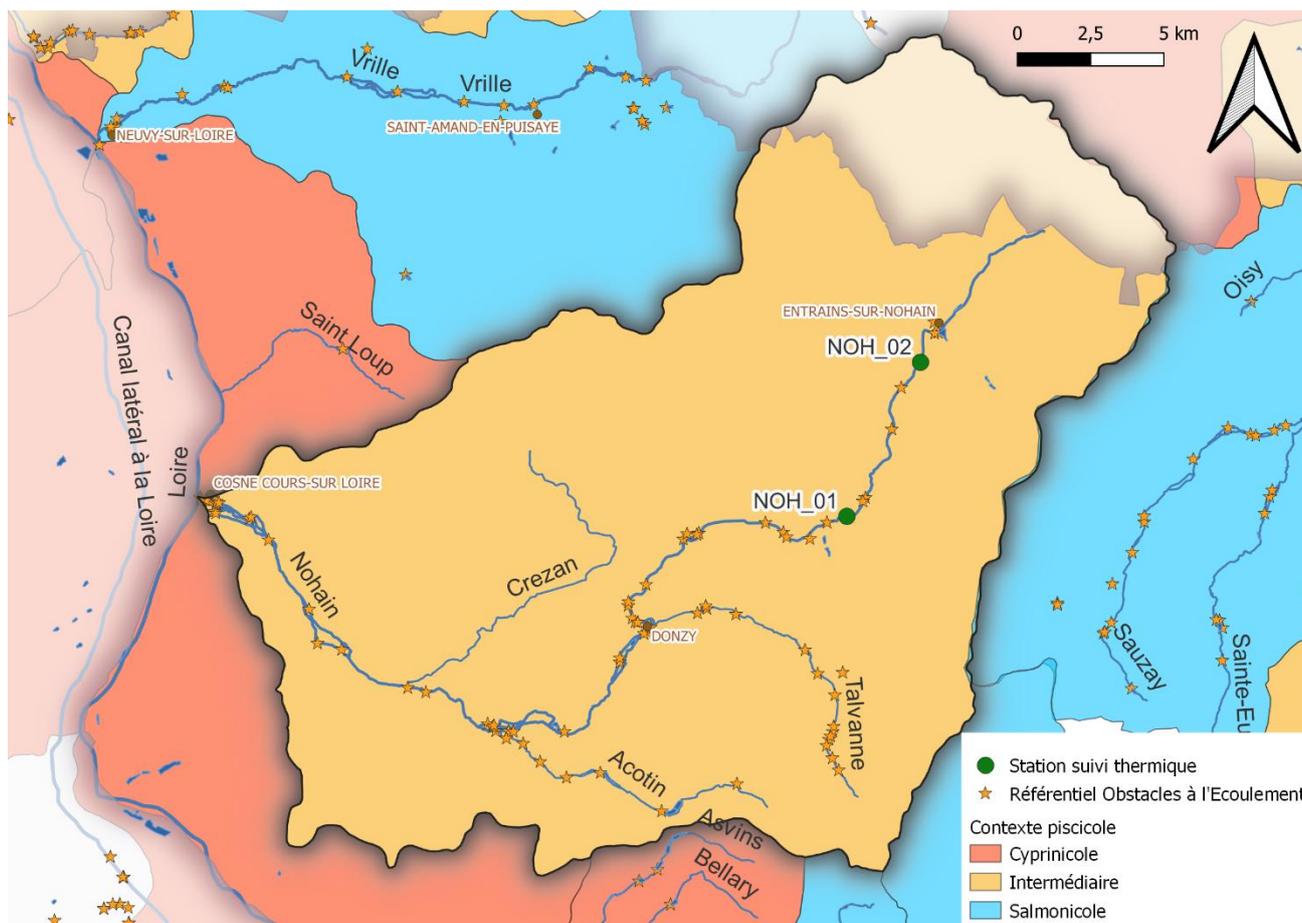


Figure 29 : Positionnement des stations de suivi thermique sur le bassin versant du Nohain

Le Bassin versant du Nohain est classé en contexte piscicole intermédiaire, avec comme espèces repères les cyprinidés rhéophiles.

Les deux stations sont situées plutôt sur la partie amont du bassin versant, la station NOH\_02 étant la plus proche des sources. La truite fario est sur ces deux stations une bonne espèce indicatrice au vu de la distance à la source et de la largeur du cours d'eau.

### ◆ Le Nohain à Entrains sur Nohain (NOH\_02)

La station NOH\_02 est située en aval d'Entrains sur Nohain, au pont de l'Anguillerie. Un étang important se trouve à Entrains sur Nohain, en barrage sur le Nohain et son affluent le ruisseau de St Nicolas. D'autres étangs plus petits se trouvent plus en amont du bassin versant.

Le Nohain s'écoule ensuite dans des prairies pâturées jusqu'à la station de mesure de la température.

Sur la station NOH\_02, les températures relevées ont variées entre 6,1 et 20,94°C en 2022.

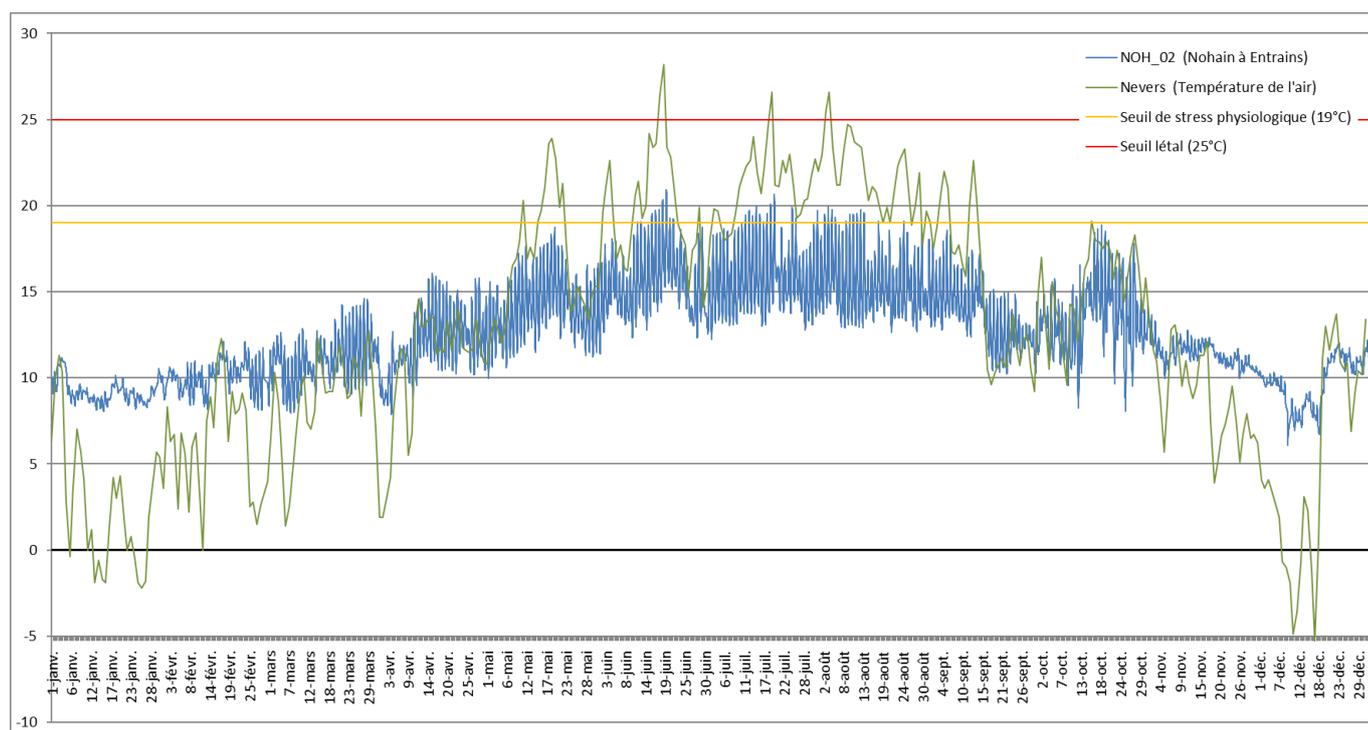


Figure 30 : Comparaison des températures instantanées relevées sur la station NOH\_02 avec la température moyenne journalière de l'air à Nevers en 2022

Tableau 14 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station NOH\_02

NOH_02		2021	2022
Données générales	Tmin	/	6,1 °C
	Tmax	17,48 °C	20,94 °C
	Tmj min	/	7,48 °C
	Tmj max	16,41 °C	17,66 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	15,07 °C	15,97 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	15 h	122 h
	Nseq Ti > 19	/	33
	Nmax Tic > 19	/	7 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

On remarque une variation assez importante des températures journalières estivales sur cette station, la température moyenne journalière maximale étant seulement de 17,66°C.

On observe aussi une grande stabilité de la température de l'eau au cours de l'année, qui reste à des températures relativement chaudes en hivers et fraîches en été, signe que les échanges entre le cours d'eau et la nappe d'accompagnement sont importants.

Le seuil de stress physiologique de la truite est atteint 33 fois, mais que sur de courtes durées. La plus longue période consécutive au-dessus des 19°C a été de 7h, pour un dépassement peu important.

Le seuil léthal des 25°C n'est pas atteint, la température instantanée étant restée sous les 21°C.

La Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chaud est de 15,97°C, bien en dessous donc des 17,5, 18°C de Tm30j max à partir desquels des conséquences négatives commencent à être observées sur les populations de truite

La température de l'eau sur cette station est donc bien compatible avec les besoins physiologiques de la truite fario.

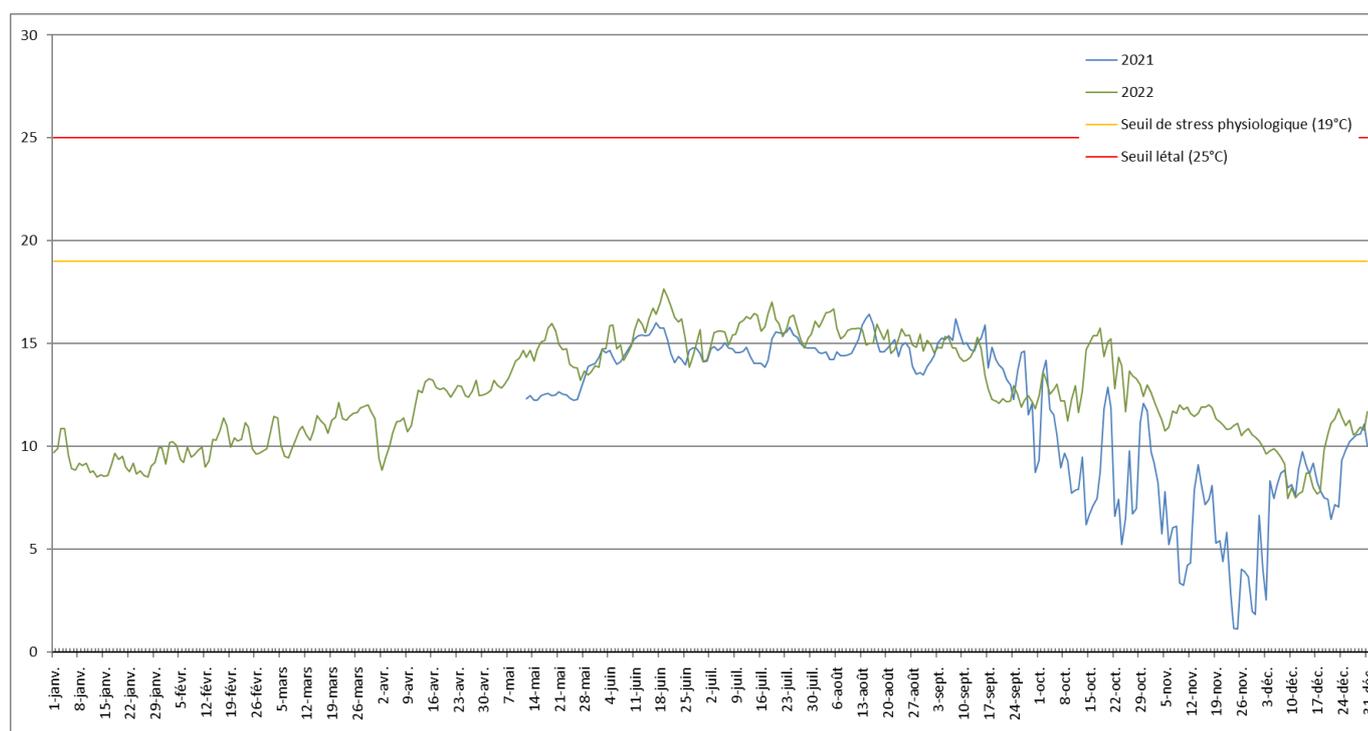


Figure 31 : Comparaison des températures moyennes journalières de NOH\_02 en 2021 et 2022

La comparaison entre les années 2021 et 2022 est limitée du fait de l'exondation de la sonde entre la fin septembre et le début décembre 2021.

Les données restent tout de même valides sur le reste de la plage de données dont nous disposons, et elles nous permettent de constater une température très proche sur les périodes estivales de 2021 et 2022. Les températures relevées en 2022 sont tout de même légèrement plus importantes en général mais la différence n'est pas aussi marquée que sur certains autres cours d'eau du département.

La proximité des étangs en amont et les conditions climatiques ne semblent donc affecter la température de l'eau sur cette station du Nohain que dans une proportion moindre, et ne remettent pas en question la compatibilité de la température du cours d'eau avec les besoins de la truite.

### ◆ Le Nohain (NOH\_01)

La station NOH\_01 est située au lieu-dit Pilles, sur la commune de Couloutre. C'est la station la plus à l'aval du bassin versant. Elle est placée sur un pont, en amont des « Grands Moulins », mais n'est pas dans la zone d'influence de l'ouvrage. De nombreuses petites sources et affluents sont présent en amont et aval de la station.

Sur cette station, la température de l'eau a varié entre 5,26 et 19,1°C

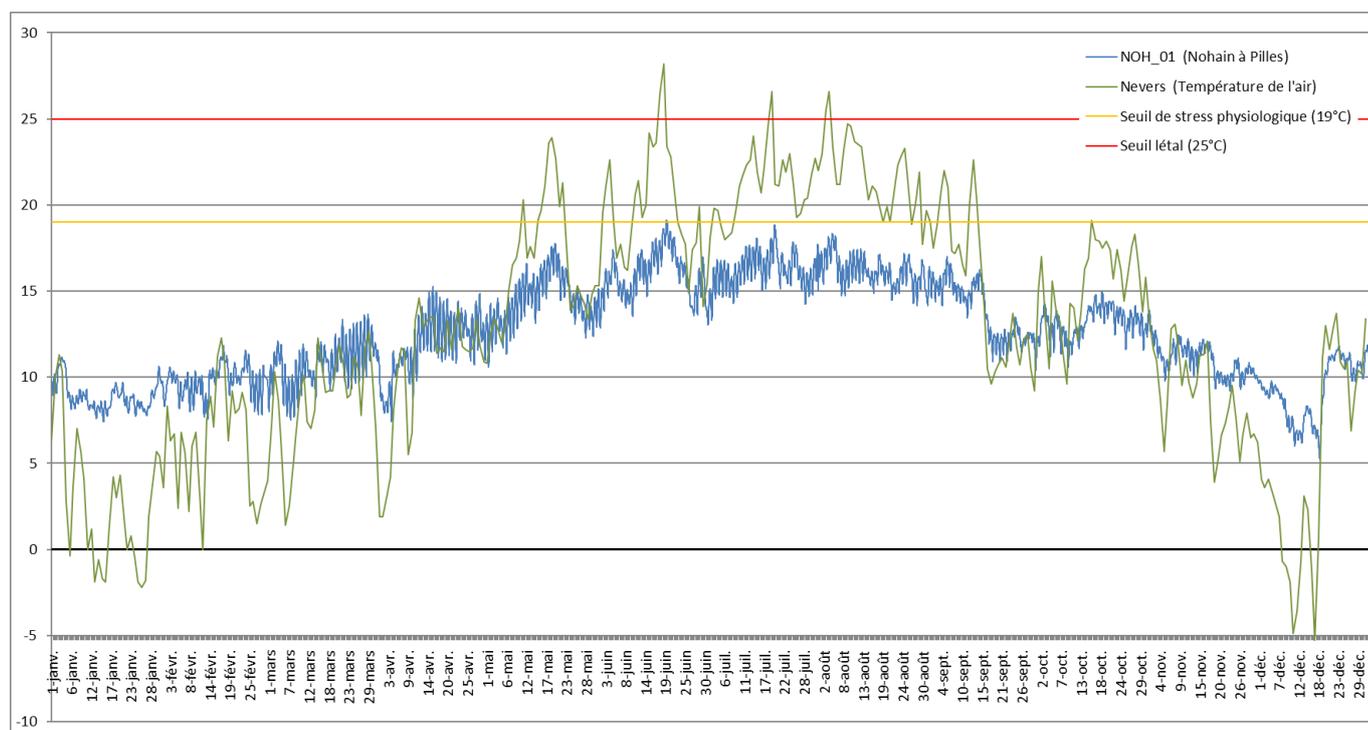


Figure 32 : Comparaison des températures instantanées relevées sur la station NOH\_01 avec la température moyenne journalière de l'air à Nevers en 2022

Tableau 15 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur la station NOH\_01

NOH_01		2021	2022
Données générales	Tmin	7,02 °C	5,26 °C
	Tmax	18,25 °C	19,1 °C
	Tmj min	7,4 °C	6,47 °C
	Tmj max	17,53 °C	18,47 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	15,67 °C	16,55 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	/	8 h
	Nseq Ti > 19	/	1
	Nmax Tic > 19	/	8 h
Seuil létal	Nti ≥ 25	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/

Le constat est identique à l'autre station du Nohain, la température du cours d'eau est très stable au cours de l'année.

La température moyenne journalière minimale n'est descendue qu'à 6,47°C malgré la vague de froids du mois de décembre, et la température moyenne journalière maximale est restée sous les 19°C, avec 18,47°C.

Le seuil de stress physiologique de la truite n'a été franchi qu'une seule fois et le seuil léthal est très éloigné

La Tm30j max est de 16,55°C.

La truite fario trouve donc dans ce cours d'eau des conditions très favorables à son développement.

### ◇ Comparaison des résultats

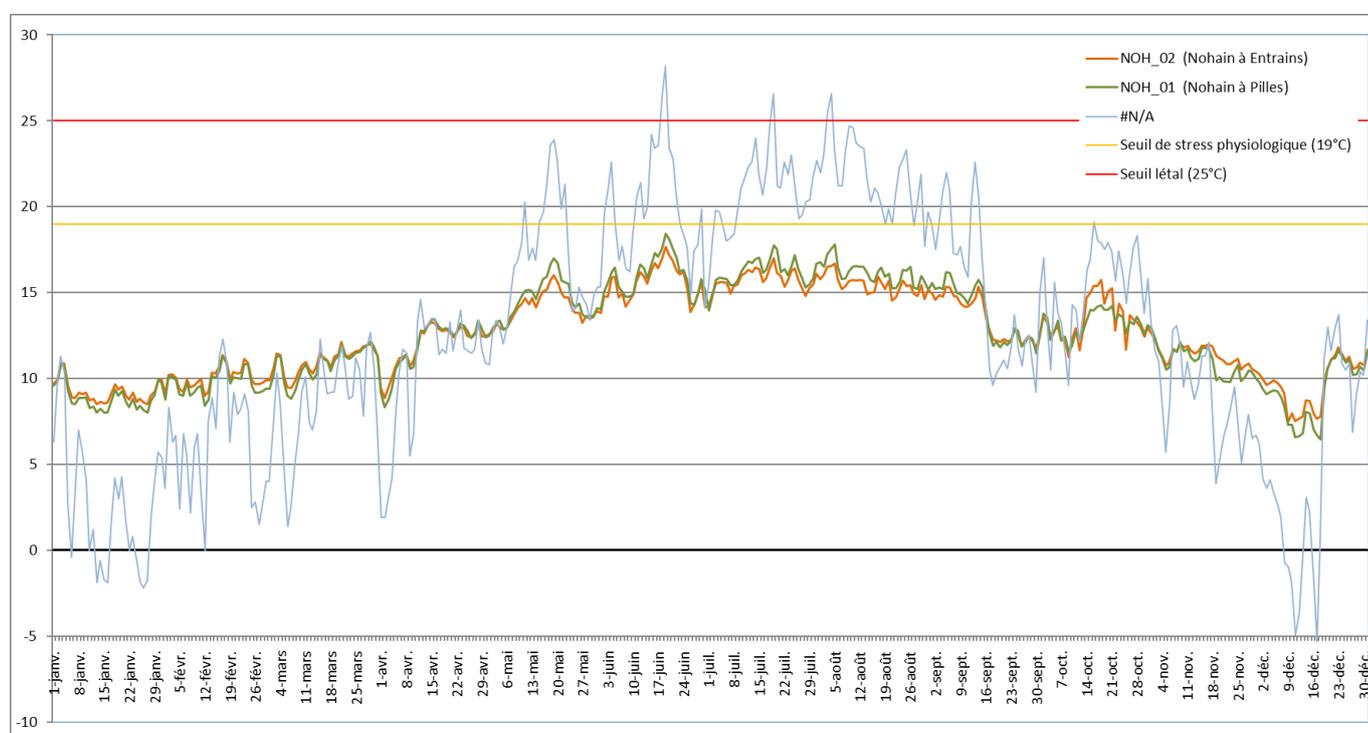


Figure 33 : Comparaison des températures moyennes journalières des stations NOH\_01, NOH\_02 et de l'air en 2022

La comparaison des températures moyennes journalière des deux stations du bassin versant du Nohain et de la température moyenne journalière de l'air à Nevers nous montre que la température de l'eau est très proche sur les deux stations, et ce tout au long de l'année. La température estivale de l'eau est tout de même légèrement plus chaude sur la station NOH\_01 à Pilles que sur la station NOH\_02 à Entrains sur Nohain.

Les variations de la température de l'air affectent les températures relevées sur ces stations, mais cela ce fait dans des proportions beaucoup moins importantes que dans les cours d'eau alimentés principalement par le ruissellement (comme par exemple sur la majorité des cours d'eau du Morvan).

Tableau 16 : Tableau de comparaison des données de températures entre 2021 et 2022 sur les stations du Nohain

Année suivi		2021		2022	
Code station		NOH_02	NOH_01	NOH_02	NOH_01
Données générales	Tmin	/	7,02 °C	6,1 °C	5,26 °C
	Tmax	17,48 °C	18,25 °C	20,94 °C	19,1 °C
	Tmj min	/	7,4 °C	7,48 °C	6,47 °C
	Tmj max	16,41 °C	17,53 °C	17,65 °C	18,47 °C
Préferendum thermique	Tm30j max	15,07 °C	15,67 °C	15,97 °C	16,55 °C
Seuil de stress physiologique	Nti > 19	15 h	/	122 h	8 h
	Nseq Ti > 19	/	/	33	1
	Nmax Tic > 19	/	/	7 h	8 h
Seuil léthal	Nti ≥ 25	/	/	/	/
	Nseq Ti ≥ 25	/	/	/	/
	Nmax Tic ≥ 25	/	/	/	/

Sur la station NOH\_02 comme sur NOH\_01, les températures les températures maximales journalières ont été plus chaude d'environ 1°C en 2021 comme en 2022.

Sur la température journalière moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds, l'augmentation de température n'est que de 0,5°C entre 2021 et 2022.

## 5 Conclusion

Cette deuxième année de suivi permet de mieux appréhender les liens entre les variables climatiques, en particulier la température de l'air, et la température de l'eau des différents cours d'eau.

Les cours d'eau ont des réponses différentes aux conditions climatiques selon leurs liens avec une éventuelle nappe d'accompagnement, la présence d'ouvrage et d'obstacles à l'écoulement, l'occupation des sols, l'ombrage de la ripisylve...

Les cours d'eau ayant de nombreuses sources et résurgences karstiques comme la Douceline, et dans une moindre mesure le Nohain, ont une résilience très importante aux conditions climatiques, gardant un débit relativement important et des eaux relativement fraîches même lors de périodes de canicules ou de sécheresses.

L'analyse du bassin versant du Bellary met en évidence l'impact très important que peuvent avoir les ouvrages, notamment les étangs (selon leurs configurations et le mode de restitution de l'eau). Ceux-ci peuvent provoquer un réchauffement important de l'eau, allant jusqu'à rendre totalement incompatible la température du cours d'eau en aval de l'ouvrage avec les exigences de certaines espèces, dont la truite.

L'année 2022 ayant vu un été particulièrement chaud et sec, elle met en évidence la vulnérabilité de certains cours d'eau vis-à-vis des températures élevées. Sur la Nièvre de Champlemy en particulier, rivière de première catégorie s'écoulant pourtant sur les calcaires du Nivernais, réceptionnant de nombreuses petites sources, la température de l'eau atteint des valeurs trop élevées et cause un stress physiologique important aux truites fario. Des mortalités ont été observées sur les truites par les agents du contrat territorial des Nièvre, attribuable au moins en partie à la thermie, en plus du bas débit.