



Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST 03)

Campagne automne 2018 à automne 2019

- Août 2020 -

Réalisation :

Fédération de l'Allier pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

8 rue de la Ronde – 03500 Saint-Pourçain-sur-Sioule

Tél : 04.70.45.42.90 - federation-peche-allier@wanadoo.fr

www.federation-peche-allier.fr

Mise en place et gestion du réseau – Acquisition, traitement et analyse des données :

Thibaut ROSAK

Technicien – Fédération de l'Allier pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

fede03.rosak6@orange.fr

Sous la direction de

Mickael LELIEVRE

Directeur – Fédération de l'Allier pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

06 08 92 81 34 – fede03.lelievre@orange.fr

Photo de couverture : la Bouble à Chantelle à la fin de l'été 2019 – J. Buvat

Crédits photos : sauf mention contraire, FDPPMA 03

Table des matières

1	PREAMBULE	4
2	LE RESEAU DE SUIVI THERMIQUE DES COURS D'EAU DE L'ALLIER (RST 03)	4
2.1	Intérêts et objectifs du RST 03	4
2.2	Matériels et méthodes du RST 03	5
2.2.1	Récolte des données	5
2.2.2	Traitement des données	6
2.3	Stations de suivi	8
3	RESULTATS 2018/2019.....	11
3.1	Bassin-versant de la Loire	11
	La Besbre à Saint-Clément	12
	La Besbre au Mayet-de-Montagne	13
	La Besbre à Saint-Prix.....	15
	La Besbre à Dompierre-sur-Besbre	16
	Le Sapey à Laprugne.....	17
	Le Barbenan à Arfeuilles	18
	La Têche à Trézelles	20
	Le Graveron à Sorbier	21
3.2	Bassin-versant de l'Allier.....	22
	La Sioule à Saint-Germain-de-Salles.....	23
	La Bouble à Echassières	24
	La Bouble à Chantelle.....	25
	Le Venant à Voussac	26
	Le Gaduet à Bransat	27
	L'Andelot à Broût-Vernet	28

Le Darot à Mariol	29
Le Sichon à Arronnes.....	30
Le Mourgon à Creuzier-le-Neuf.....	31
3.3 Bassin-versant du Cher	32
Le Cher à La Petite-Marche.....	33
Le Cher à Sainte-Thérance	34
Le Cher à Lavault-Sainte-Anne	35
La Tartasse à Marcillat-en-Combraille	36
L’Oeil à Malicorne	37
L’Aumance à Meaulne	38
La Magieure à Vaux.....	39
L’Arnon à Viplaix	40
4 SYNTHESE	41
4.1 Thermie générale	41
4.2 Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds	48
5 CONCLUSION	52
6 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	53
7 ANNEXES	54

Liste des figures

FIGURE 1 : INSTALLATION D'UNE SONDE	5
FIGURE 2 : SYNTHÈSE DU PRÉFÉRÉNDUM THERMIQUE DES DIFFÉRENTS STADES DE DÉVELOPPEMENT DE LA TRUITE FARIO	7
FIGURE 3 : LOCALISATION DES STATIONS DU RST 03 SUIVIES EN 2018/2019	9
FIGURE 4 : RESULTATS 2018/2019 DU RST 03 SUR LE BASSIN-VERSANT DE LA LOIRE	11
FIGURE 5 : IMPACT DE LA RETENUE DE SAINT-CLEMENT SUR LES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DE LA BESBRE	14
FIGURE 6 : RESULTATS 2018/2019 DU RST03 SUR LE BASSIN-VERSANT DE L'ALLIER	22
FIGURE 7 : RESULTATS 2018/2019 DU RST 03 SUR LE BASSIN-VERSANT DU CHER.....	32
FIGURE 8 : COMPARAISON DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DES DIFFERENTES STATIONS SUIVIES EN 2018/2019	41
FIGURE 9 : COMPARAISON DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DES DIFFERENTES STATIONS DU BASSIN-VERSANT DE LA LOIRE SUIVIES EN 2018/2019.....	42
FIGURE 10 : COMPARAISON DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DES DIFFERENTES STATIONS DU BASSIN-VERSANT DE L'ALLIER SUIVIES EN 2018/2019	43
FIGURE 11 : COMPARAISON DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DES DIFFERENTES STATIONS DU BASSIN-VERSANT DU CHER SUIVIES EN 2018/2019.....	44
FIGURE 12 : ECART A LA NORMALE 1981-2010 DES TEMPERATURES MOYENNES DE 1900 A 2019 (SOURCE : METEO FRANCE)	45
FIGURE 13 : ECART A LA MOYENNE SAISONNIERE DE REFERENCE 1981-2010 DE LA TEMPERATURE MOYENNE DE L'HIVER 2018/2019 (SOURCE : METEO FRANCE).....	46
FIGURE 14 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MINIMALES ET MAXIMALES QUOTIDIENNES DE L'HIVER 2018/2019 PAR RAPPORT A LA NORMALE (SOURCE : METEO FRANCE)	46
FIGURE 15 : ECART A LA MOYENNE ANNUELLE DE REFERENCE 1981-2010 DE LA TEMPERATURE MOYENNE 2019 (SOURCE : METEO FRANCE)	47
FIGURE 16 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MINIMALES ET MAXIMALES QUOTIDIENNES DE L'ETE 2019 PAR RAPPORT A LA NORMALE (SOURCE : METEO FRANCE).....	47
FIGURE 17 : EVALUATION DES CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT D'UNE POPULATION DE TRUITE FARIO SELON LA Tm30J MAX 2019	49
FIGURE 18 : ECART A LA MOYENNE ESTIVALE 1981-2010 DE LA TEMPERATURE MOYENNE DE L'ETE 2019 (SOURCE : METEO FRANCE)	50
FIGURE 19 : RAPPORT A LA MOYENNE ESTIVALE 1981-2010 DES CUMULS DE PRECIPITATION DE L'ETE 2019 (SOURCE : METEO FRANCE)	50
FIGURE 20 : COMPARAISON DE LA Tm30J MAX DE L'ANNEE 2019 PAR RAPPORT A LA MOYENNE OBSERVEE SUR LA PERIODE 2014-2018	51

Liste des tableaux

TABEAU 1 : DESCRIPTION DES 25 VARIABLES THERMIQUES CALCULEES PAR NERIUS A PARTIR DES DONNEES BRUTES DE TEMPERATURE	6
TABEAU 2 : STATIONS DU RST 03 SUIVIES EN 2018/2019	10
TABEAU 3 : EVALUATION DES CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT D'UNE POPULATION DE TRUITE FARIO SELON LA Tm30J MAX 2019	48

Liste des annexes

ANNEXE 1 : EXEMPLE DE FICHE DE SUIVI STATION	54
--	----

1 Préambule

La température de l'eau influe sur l'ensemble des écosystèmes aquatiques, des producteurs primaires jusqu'aux consommateurs situés au sommet des chaînes alimentaires. Tous ces organismes possèdent des optimums thermiques qui régissent leur répartition longitudinale depuis la source jusqu'à l'embouchure, phénomène visible même à l'échelle locale. Les variations de températures conditionnent également le bon déroulement des cycles de reproduction de la faune de nos cours d'eau. Le régime thermique des cours d'eau constitue donc une caractéristique structurante pour les peuplements piscicoles.

Par ailleurs de nombreux processus biologiques sont liés à la température : l'oxygénation, la respiration, la photosynthèse, la nitrification et la dégradation des matières organiques, ... S'intéresser à la température d'un cours d'eau est donc indispensable pour comprendre son fonctionnement global, estimer sa qualité et sa capacité à offrir des conditions satisfaisantes pour les espèces piscicoles.

Ainsi, le paramètre température est pris en compte dans le calcul d'indices utilisés pour analyser la qualité des peuplements piscicoles (NTT¹, IPR²). L'acquisition de données thermiques sur les cours d'eau du département apporte donc des informations de premier ordre, qui constituent une aide précieuse quant à l'interprétation des inventaires piscicoles, et qui permettent de suivre l'évolution des peuplements dans un contexte de changement climatique. Enfin, le Réseau de Suivi Thermique (RST) mis en place assure, à une échelle de temps significative, une source de données nécessaire à une meilleure compréhension du régime des cours d'eau du département et des fluctuations des populations d'espèces sensibles comme la truite fario. Enfin, les données contribuent à alimenter des études ponctuelles et fournissent des éléments pour l'actualisation du Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion de la ressource piscicole (PDPG).

Ce rapport synthétise et analyse les données récoltées de l'automne 2018 à l'automne 2019.

2 Le Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST 03)

2.1 Intérêts et objectifs du RST 03

Initialement mis en place pour une durée de cinq ans (printemps 2014 à printemps 2019), le Réseau de Suivi Thermique a été reconduit en 2019 avec comme objectifs principaux :

- D'apporter une vision globale de la thermie sur chaque bassin-versant ;
- De fournir des données précises pour le calcul des indices de qualité des peuplements piscicoles (NTT, IPR) ;
- De permettre une analyse plus fine des résultats des pêches électriques et d'apporter des éléments de compréhension sur la modification des peuplements piscicoles en général, et des fluctuations des populations d'espèces sensibles comme la truite fario ;
- De fournir des éléments de gestion et d'apporter des données pour des études ponctuelles ;
- De fournir des éléments pour l'actualisation du Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion de la ressource piscicole (PDPG).

¹ Niveau Typologique Théorique (Verneaux, 1973, 1976 et 1981)

² Indice Poisson Rivière (CSP, 2006)

2.2 Matériels et méthodes du RST 03

2.2.1 Récolte des données

Le parc de sondes thermiques est constitué d'un matériel de type HOBO® Pendant Temperature Data Logger et d'une navette de même marque pour le déchargement des données sur le terrain.

Les sondes sont paramétrées pour une récolte de données à pas de temps régulier (une heure). Pour les protéger des chocs qu'elles peuvent subir une fois immergées (lors de crues par exemple), il a été choisi de les placer dans des boîtiers PVC troués permettant à l'eau d'atteindre les capteurs thermiques. Ces boîtiers sont ensuite fixés à un élément solide et stable de la berge, comme des systèmes racinaires, au moyen d'un câble métallique gainé suffisamment long pour permettre à la sonde de rester immergée même en période d'étiage sévère. Elle est calée à l'aide d'une pierre à la profondeur la plus importante possible.

Pour les besoins du suivi, et notamment dans le but de retrouver les sondes plus facilement lors des relevés de données, une « fiche station » traitant des informations suivantes est renseignée pour chaque enregistreur posé (cf. annexe) :

- Numéro de station et numéro de sonde ;
- Nom du cours d'eau et du bassin ;
- Date de pose / levé et nom de la personne ayant posé la sonde ;
- Coordonnées GPS du site ;
- Description précise de l'accès et de la localisation exacte de la sonde ;
- Plusieurs photos de situation avec un indice de localisation de la sonde (laissé uniquement le temps des photos).

Ces fiches sont compilées dans un classeur et complétées à chaque campagne de terrain. Elles permettent donc le suivi des actions réalisées sur les stations au cours du temps.

Afin de réduire le risque d'une perte massive de données (e.g. destruction ou arrachage de la sonde lors d'une crue, vandalisme, dysfonctionnement matériel), deux campagnes de récupération des données sont réalisées chaque année. La mise en place des sondes et la récupération des données doivent se faire à des périodes permettant d'éviter les interruptions dans les phases « critiques » pour la faune piscicole (incubation des œufs, périodes les plus chaudes...). De plus, l'accès aux cours d'eau peut s'avérer compliqué en période hivernale (hautes eaux, conditions de circulation). Les meilleures périodes pour la manipulation des sondes se situent donc à la fin du printemps, et à l'automne.

Les données sont alors récupérées directement sur le terrain grâce à une navette étanche HOBO®, et les sondes aussitôt remises à l'eau. Cette opération permet également de vérifier le bon état de fonctionnement du matériel et de le remplacer si besoin.



Figure 1 : Installation d'une sonde

2.2.2 Traitement des données

Les données récupérées sur le terrain sont mises en forme, vérifiées (*e.g.* suppression des données aberrantes), et compilées par station dans des tableurs au format « .csv ». Les données brutes sont traitées à l'aide du programme d'analyse NERIUS, développé en 2016 par S. LAVERDURE (stephanelaverdure@hotmail.fr). Les variables calculées et les seuils thermiques ont été définis par la FDPPMA 03 à partir d'un travail bibliographique sur la physiologie générale de la truite fario en contexte salmonicole, et des variables de MACMASalmo V1.0 (Dumoutier et al., 2010), développées par la FDPPMA 74 et l'INRA UMR CARTEL de Thonon.

Comme détaillé dans le tableau suivant, 25 variables thermiques différentes peuvent, grâce à NERIUS, être caractérisées et réparties en deux grandes catégories : les variables thermiques générales caractérisant le milieu, et les variables thermiques relatives aux exigences écologiques de la truite fario (« preferendum thermique »).

Tableau 1 : Description des 25 variables thermiques calculées par NERIUS à partir des données brutes de température

CATEGORIE	CODE VARIABLE	DESIGNATION
Variables thermiques générales	Ti min	Température instantanée minimale (sur la période de mesure)
	Ti max	Température instantanée maximale (sur la période de mesure)
	AT i	Amplitude thermique instantanée (sur la période de mesure)
	Ajmax Ti	Amplitude journalière maximale (sur les températures instantanées)
	D Ajmax Ti	Date de l'amplitude journalière maximale (sur les températures instantanées)
	Tmj min	Température moyenne journalière minimale
	Tmj max	Température moyenne journalière maximale
	AT mj	Amplitude thermique moyenne journalière
	D Tmj max	Date de la température moyenne journalière maximale
	Tmp	Température moyenne de la période
	Tm30j max	Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Dd Tm30j max	Date de début des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Df Tm30j max	Date de fin des 30 jours consécutifs les plus chauds
Preferendum thermique de la truite fario	Nbj Tmj 4-19	Nombre de jours où la température moyenne journalière est comprise entre 4 et 19°C
	%j Tmj 4-19	% de jours où la température moyenne journalière est comprise entre 4 et 19°C
	%j Tmj <4	% de jours où la température moyenne journalière est inférieure à 4°C
	Dd Tmj <4	Date de début des séquences où la température moyenne journalière est inférieure à 4°C
	Df Tmj <4	Date de fin des séquences où la température moyenne journalière est inférieure à 4°C
	%j Tmj >19	% de jours où la température moyenne journalière est supérieure à 19°C
	Nb Ti >19	Nombre de températures instantanées supérieures à 19°C
	Nb sq Ti >19	Nombre de séquences de températures instantanées supérieures à 19°C
	Nbmax Ti csf >19	Nombre maximal de températures instantanées consécutives supérieures à 19°C
	Nb Ti ≥25	Nombre de températures instantanées supérieures ou égales à 25°C
	Nb sq Ti ≥25	Nombre de séquences de températures instantanées supérieures ou égales à 25°C
	Nbmax Ti csf ≥25	Nombre maximal de températures instantanées consécutives supérieures ou égales à 25°C

En fonction des besoins, une évolution du programme NERIUS permettant le calcul de variables relatives à d'autres espèces (brochet, ombre...) pourra être mise en place.

Description des conditions thermiques générales

Les conditions thermiques générales sont décrites par :

- L'évolution annuelle des températures moyennes journalières pour l'ensemble des stations étudiées ;
- Les données thermiques estivales, période sur laquelle les températures les plus élevées sont enregistrées et qui peuvent avoir le plus d'impact sur les peuplements piscicoles. La température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds (Tm30j max) est directement exploitable pour le calcul du niveau typologique théorique (NTT) d'après la formule proposée par Verneaux (1973).

Description des conditions thermiques vis-à-vis des exigences écologiques de la truite commune

La truite fario constitue l'espèce repère de la majorité des stations suivies dans le cadre de ce réseau. Elle possède en tant qu'espèce sténotherme d'eau froide des exigences très strictes vis-à-vis de la température des eaux. Ce paramètre physico-chimique joue un rôle fondamental sur sa dynamique de population et tous les stades de son développement (œufs, larves, juvéniles, adultes) possèdent leurs propres optimums/préferendums. Au stade adulte, son preferendum s'étend de 4 à 19°C (Varley, 1967 ; Elliott, 1975 ; Alabaster et Lloyd, 1980 ; Elliott, 1981 ; Crisp, 1996 ; Elliott et Hurley, 2001). Au-delà, son métabolisme se dégrade et la truite est en état de « stress physiologique ». Le seuil léthal largement repris par la communauté scientifique est fixé à 25°C, il peut être inférieur si les autres paramètres de qualité d'eau sont également dégradés. Pour les stades les plus sensibles (alevins de l'année et juvéniles), le preferendum thermique est logiquement plus restreint, et il est notamment considéré que des stress métaboliques peuvent intervenir dès 17°C de moyenne journalière.

Concernant le stade « embryo-larvaire » particulièrement sensible du cycle biologique de la truite fario, on considère (Humpesh, 1985) que les températures moyennes journalières de 1,5°C et de 15°C peuvent être retenues comme des valeurs limites en dessous ou au-delà desquelles le taux de survie est fortement affecté. Ce stade couvre les mois de décembre, janvier et février, et son bon déroulement conditionne en partie la réussite de la reproduction. L'analyse des séquences (fréquence, intensité, durée) d'exposition à des températures situées à l'intérieur ou en dehors de la gamme de température précédemment citée permet de caractériser les conditions de développement de ce stade.

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°C																										
COURT TERME (qq heures)	Seuil léthal	Métabolisme réduit			Préferendum thermique													Stress physiologique			Seuil léthal						
LONG TERME (moyenne journalière)	Seuil léthal	Danger pour juvéniles			Préferendum thermique												Danger juvéniles		Seuil critique			Seuil léthal					
Stade embryo-larvaire	Seuil léthal	Préferendum thermique											Seuil léthal														

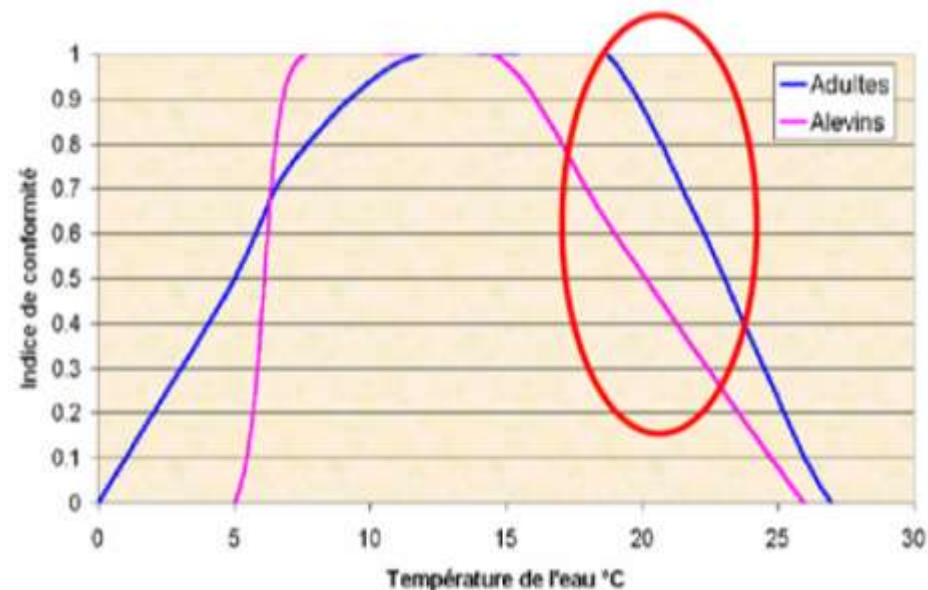
Figure 2 : Synthèse du preferendum thermique des différents stades de développement de la truite fario

Mais au-delà de l'échelle individuelle, des températures instantanées et des moyennes journalières, c'est sur des périodes plus longues que les valeurs influençant la dynamique des populations de truite fario sont à rechercher. A ce titre, il existe une valeur thermique de référence communément admise par la communauté scientifique : la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds de l'année (Tm30j max).

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 qu'au-delà d'une Tm30j max de 17,5-18°C, les impacts sur les populations sont avérés, en particulier sur les truitelles de l'année. Au-delà de ce seuil de température, le rendement énergétique de l'espèce devient défavorable si bien que l'énergie apportée par l'alimentation est plus faible que celle dépensée pour capturer les proies. Ce phénomène engendre donc un amaigrissement des individus, des mortalités progressives et continues, ainsi que des dévalaisons possibles vers des milieux encore moins favorables.

Les poissons plus âgés sont plus « robustes », notamment du fait que la sensibilité au réchauffement des eaux est inversement proportionnelle au rapport taille/surface des individus. On gardera également à l'esprit qu'à l'échelle des déplacements d'une truite fario, la température des eaux ne se répartit pas de manière uniforme, et qu'il existe des « refuges » thermiques (affluents, apports exogènes et afférences phréatiques, ...) que savent utiliser les salmonidés lorsque des obstacles (p. ex. ouvrages transversaux) n'en limitent pas l'accès.

On retiendra en conclusion que dans des milieux non limitants en termes de qualité d'eau et d'habitat, la thermie peut en grande partie expliquer la structure de population en truites, et notamment l'abondance des truitelles de l'année à la fin de l'été. Une bonne reproduction peut être réduite à néant par un été très chaud. La thermie des eaux influence par ailleurs indirectement les populations de poissons par son effet sur d'autres paramètres physico-chimiques (p. ex. l'oxygénation), sur les ressources trophiques (p. ex. les larves d'insectes) et sur le développement d'agents pathogènes (p. ex. maladie rénale proliférative). **Les caractéristiques obtenues sur chacune des stations pour les variables citées précédemment permettent de connaître l'aptitude du milieu à accueillir ou non, vis-à-vis de la thermie, une population fonctionnelle de truite fario.**



Impact de l'augmentation des Tm30j max sur les densités de population des alevins et adultes de truites fario (source : FDPPMA 69)

2.3 Stations de suivi

Afin de répondre au mieux aux objectifs assignés au RST 03, l'emplacement des stations doit permettre :

- D'apporter 1/ une vision globale de la thermie sur chaque contexte salmonicole identifié dans la version récemment mise à jour du PDPG, et 2/ des données thermiques précises dans les secteurs où des pêches du Réseau de Suivi des Peuplements Piscicoles (RSPP) sont réalisées ;
- De fournir une vision globale et à long terme de l'évolution de la thermie, en ciblant en priorité les populations piscicoles qui présentent les sensibilités les plus marquées vis-à-vis de ce paramètre abiotique.

Lors de la mise en place du RST (2014), 22 stations de suivi ont été réparties sur l'ensemble du département. Dans la mesure du possible, l'implantation d'un minimum de trois stations par bassin-versant avait été réalisée. Au printemps 2016, ce parc de sondes a été complété par l'équipement de neuf nouvelles stations. Depuis de nouveaux arbitrages ont été faits et des besoins spécifiques sont apparus, justifiant le suivi de 26 stations pour l'année 2019.

Pour diverses raisons (acte de malveillance, dysfonctionnement, assec, suppression d'une station ou déplacement volontaire d'une sonde en cours de suivi), certaines stations possèdent des chroniques de données lacunaires pouvant aller jusqu'à l'absence totale de donnée. Les dispositions prises en 2018 ont permis de réduire de moitié les pertes de données causées par des actes de vandalisme ou de dysfonctionnement du matériel. Elles seront reconduites et complétées en 2019, avec l'objectif de réduire encore davantage le risque de perte de données. La suite de ce rapport traite uniquement les stations pour lesquelles la définition du régime thermique, ou une analyse pertinente des données disponibles, étaient possibles. Les autres stations sont mises en évidence en italique dans le tableau de synthèse suivant :

Tableau 2 : Stations du RST 03 suivies en 2018/2019

N° STATION	COURS D'EAU	COMMUNE	LIEU-DIT EMPLACEMENT	COORDONNEES (L93)		Complètes (C), Partielles (P) ou Absentes (A)	DONNEES Raison
				X	Y		
1	Besbre	Saint-Clément	Stade	754230	6552316	C	
2	Besbre	Saint-Prix	Déchetterie	749849	6570338	C	
3	Besbre	Dompierre-sur-Besbre	Les Persières	752136	6601605	C	
6	Sichon	Arronnes	Bourg	743794	6551159	C	
7	Andelot	Broût-Vernet	Les Dacs	722536	6566494	C	
9	Sioule	Saint-Germain-de-Salles	La Cure	715999	6563737	P	Dysfonctionnement lors du relevé printanier
10	Venant	Voussac	Les Magnoux	704345	6581860	C	
11	Bouble	Chantelle	Moulin Dieu	710768	6571245	P	Dysfonctionnement lors du relevé printanier et assec estival
12	Cher	Lavault-Sainte-Anne	Ecole canoé kayak	669023	6578956	P	Remplacement par station n°36
15	Œil	Malicorne	Moulin de Beaufranc	681165	6579914	C	
17	Aumance	Meaulne	Pont des Seignes	671655	6607668	C	
18	Tartasse	Marcillat-en-Combraille	La Pougé	672822	6564623	P	Dysfonctionnement lors du relevé automnal
19	Bouble	Echassières	Villonnnes	694204	6568367	C	
20	Magieure	Vaux	Chantemerle	667540	6590935	P	Dysfonctionnement lors du relevé printanier et assec estival
21	Graveron	Sorbier	La Crotte	748887	6585038	C	
22	Arnon	Viplaix	Pont D246	650090	6596292	C	
24	Barbenan	Arfeuilles	Moulin de la Côte	757188	6558623	C	
25	Sapey	Laprugne	La Grande Ecluse	762673	6546155	C	
27	Têche	Trézelles	La Grange	746334	6581525	P	Dysfonctionnement lors du relevé automnal
28	Gaduet	Bransat	Les Millets	719340	6579800	C	
29	Mourgon	Creuzier-le-Neuf	Moulin de Celzat	735802	6565070	C	
30	Andan	Saint-Prix	Amont carrière	751087	6570347	C	
31	Darot	Mariol	Bourg	738755	6546912	A	Vandalisme
34	Cher	La Petite-Marche	Gué de Sellat	663140	6567214	P	Installation printanière et assec estival
35	Besbre	Le Mayet-de-Montagne	Revichon	752715	6554415	P	Installation printanière
36	Cher	Sainte-Thérèse	SPEC	666009	6573222	P	Installation printanière

3 Résultats 2018/2019

Les résultats sont présentés sous forme de fiche de synthèse réalisées pour chacune des stations, regroupées dans une logique hydrographique selon les trois grands bassins-versants du département : la Loire, l'Allier et le Cher.

3.1 Bassin-versant de la Loire

En lien avec la géographie du secteur et la diversité typologique des milieux rencontrés, les températures relevées sur les cours d'eau du bassin-versant de la Loire montrent un véritable gradient thermique de l'amont vers l'aval du bassin. Logiquement, c'est en Montagne Bourbonnaise que les cours d'eau présentent les régimes thermiques les plus « frais », et donc les plus favorables au maintien des populations de truite fario. Dans ce secteur, le Sapey à Laprugne présente un régime thermique jugé « plutôt favorable » à la truite fario en 2018/2019. Il bénéficie d'une « régulation » des valeurs estivales par les zones de tourbières d'altitude qui l'alimentent et permettent de contenir la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds largement en deçà du seuil de 19°C (Tm30j max $\approx$ 13,8°C). La faiblesse des températures hivernales apparaît alors comme le principal facteur limitant le développement de l'espèce (et notamment ses stades « embryo-larvaire » et « alevin »). Cette caractéristique est commune aux cours d'eau situés en tête de bassin-versant de la Montagne Bourbonnaise (Sapey, Besbre, Sichon).

Parmi les autres cours d'eau du bassin-versant suivis dans le cadre de cette étude, le Barbenan à Arfeuilles et la Besbre à l'amont et à l'aval immédiat du barrage de Saint-Clément présentent des régimes thermiques jugés « peu compatibles » avec le développement de la truite fario. Ils sont caractérisés par des dépassements relativement fréquents du preferendum de l'espèce (environ 20% de la totalité des températures instantanées mesurées) mais n'atteignant jamais le seuil léthal. Dans ces secteurs, les températures moyennes des 30 jours consécutifs les plus chauds dépassent le preferendum thermique de l'espèce dans des proportions comprises entre 0,5°C et 1,6°C.

Le Graveron à Sorbier a présenté un régime thermique jugé « défavorable » à la truite fario sur la période retenue pour l'analyse. Il est caractérisé par une température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds contenue, voisine de la limite haute du preferendum de l'espèce, mais également par une température instantanée maximale légèrement supérieure à son seuil léthal (25,4°C).

Les autres stations suivies sur ce bassin-versant présentent toutes des régimes thermiques jugés « incompatibles » avec le développement de la truite fario du fait de températures instantanées régulièrement limitantes (jusqu'à 36% du temps sur la Besbre aval), et dépassant nettement (2°C à 6°C) et à plusieurs reprises (9 à 30 séquences de dépassement) le seuil léthal de 25°C. **Il apparaît donc clairement que lors d'années sèches et chaudes, le régime thermique des secteurs de première catégorie (c.-à-d. « à salmonidés dominants ») situés les plus en aval sur l'axe Besbre n'est pas compatible avec la présence de l'espèce « repère » qu'ils sont censés abriter.**

Les résultats détaillés sont présentés dans les pages suivantes pour chacune des stations de ce bassin-versant.

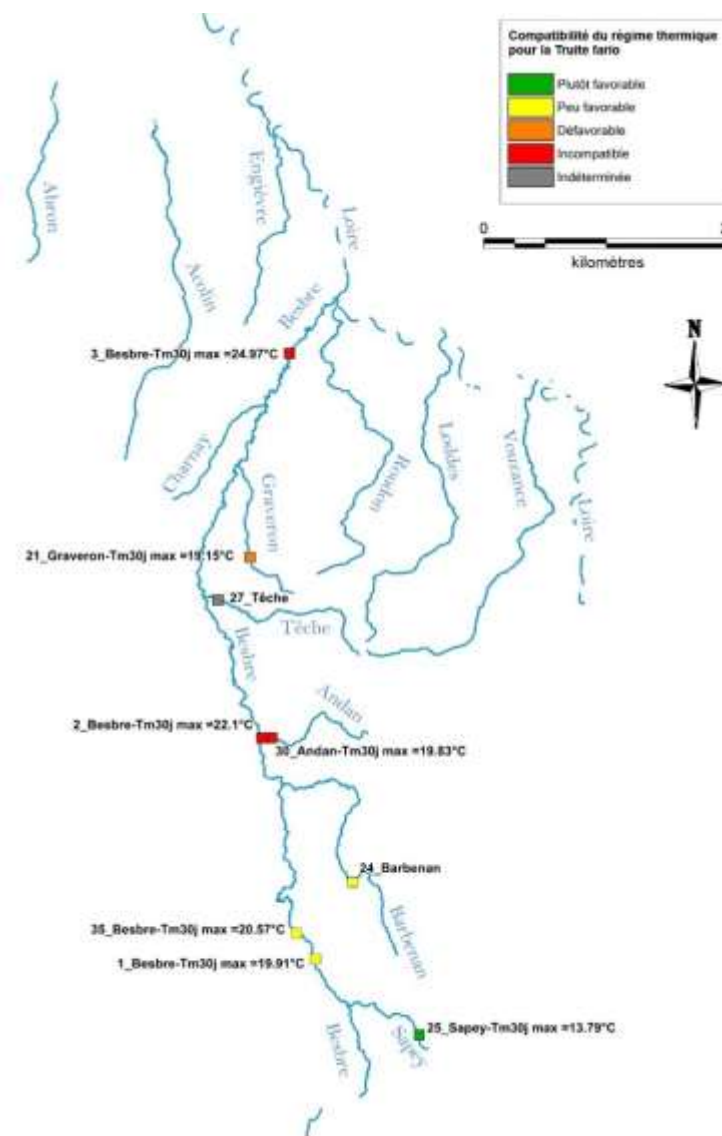


Figure 4 : Résultats 2018/2019 du RST 03 sur le bassin-versant de la Loire

Station 1: la Besbre à Saint-Clément

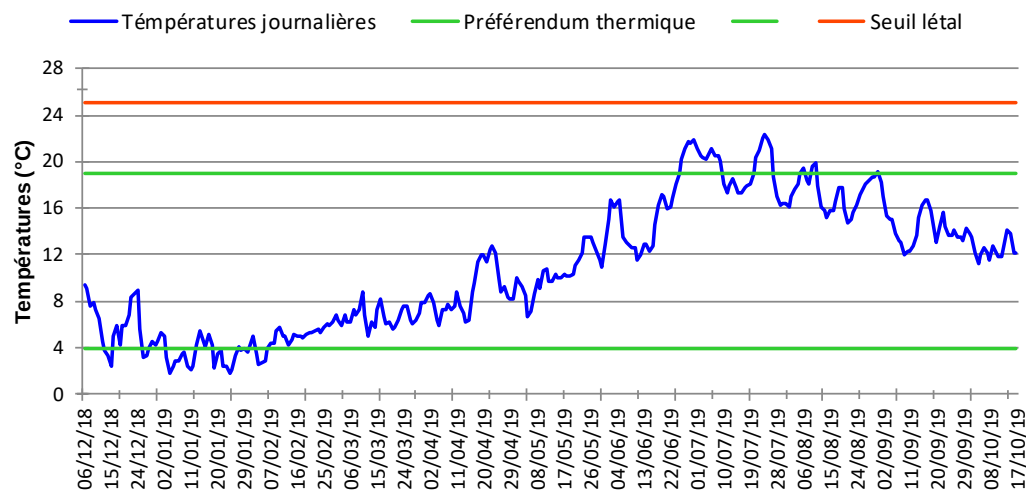


Période analysée : du 06/12/2018
au 17/10/2019

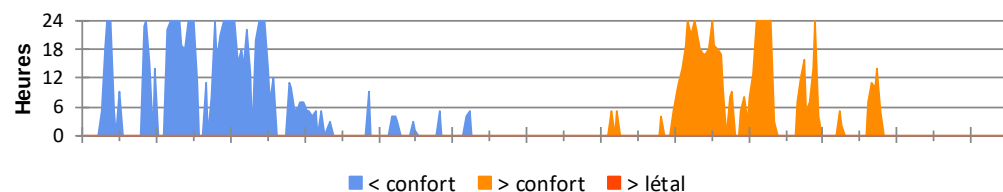
Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	1,112
	Ti max	24,545
	AT i	23,433
	Ajmax Ti	7,001
	D Ajmax Ti	17/04/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	1,75
	Tmj max	22,31
	AT mj	20,56
	D Tmj max	24/07/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	10,92
	Tm30j max	19,91
	Dd Tm30j max	27/06/2019
	Df Tm30j max	26/07/2019

Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	259
	%j Tmj 4-19	81,96
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	10,13
	Dd Tmj <4	13/12/2018
	Df Tmj <4	06/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	7,91
	Nb Ti >19	665
	Nb sq Ti >19	36
	Nbmax Ti csf >19	156
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



Nombre d'heures journalières hors plages de confort

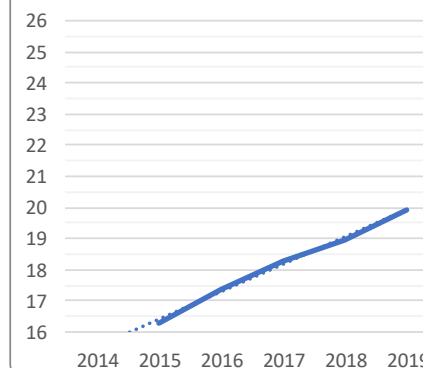


EVALUATION: PEU FAVORABLE

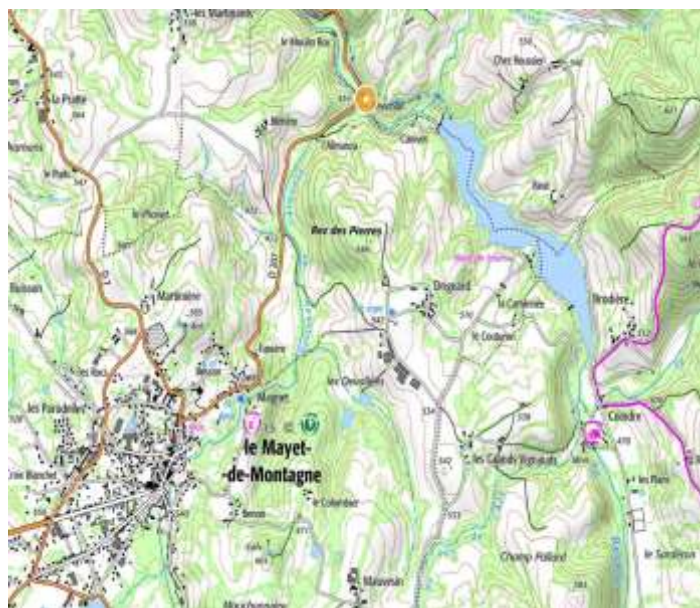
Les températures maximales journalières et instantanées se maintiennent sous le seuil léthal de la truite fario, fixé à 25°C.

Elles sont toutefois de nature à entraîner un stress physiologique important, d'autant plus critique sur le long terme (moyenne journalière) que les individus sont thermosensibles (juvéniles). Dix-huit pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort de l'espèce, avec des séquences de dépassement pouvant avoisiner une semaine consécutive. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de près d'un degré la plage de confort de l'espèce. L'évolution interannuelle de la Tm30j max montre une élévation régulière et importante des températures depuis 2015 (+3,6°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 35: la Besbre au Mayet-de-Montagne

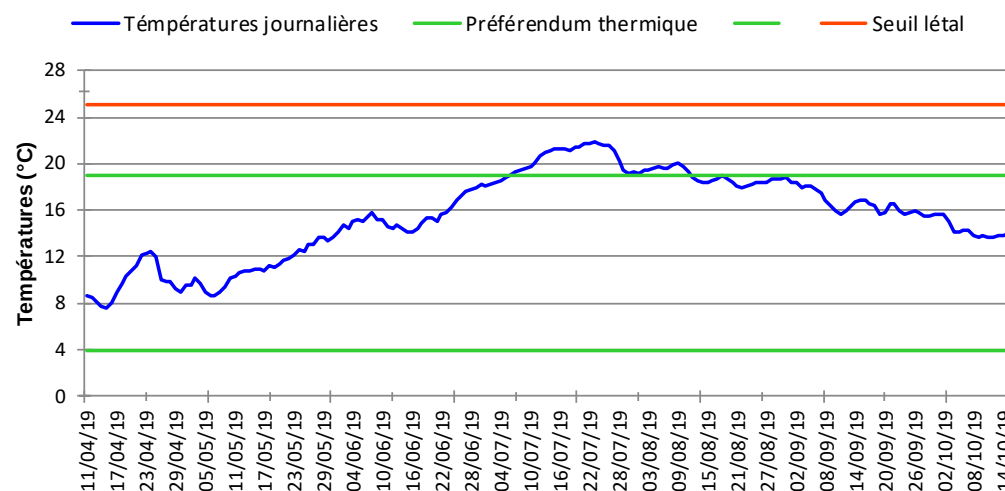


Période analysée : du 11/04/2019
au 17/10/2019

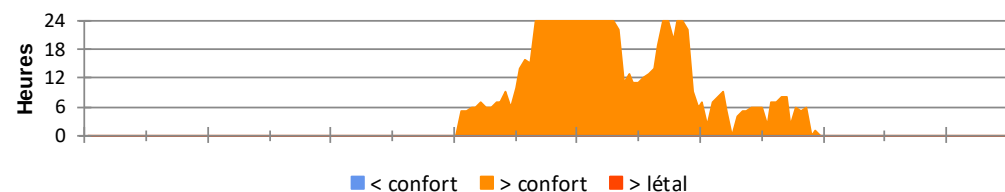
T°C instantanées	
Ti min	6,471
Ti max	24,448
AT i	17,977
Ajmax Ti	4,127
D Ajmax Ti	01/05/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	7,59
Tmj max	21,95
AT mj	14,36
D Tmj max	23/07/2019
T°C sur la période	
Tmp	15,56
Tm30j max	20,57
Dd Tm30j max	11/07/2019
Df Tm30j max	09/08/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	154
%j Tmj 4-19	81,05
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	0
Dd Tmj <4	
Df Tmj <4	
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	18,95
Nb Ti >19	934
Nb sq Ti >19	49
Nbmax Ti csf >19	444
Seuil létal	
Nb Ti ≥25	0
Nb sq Ti ≥25	0
Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



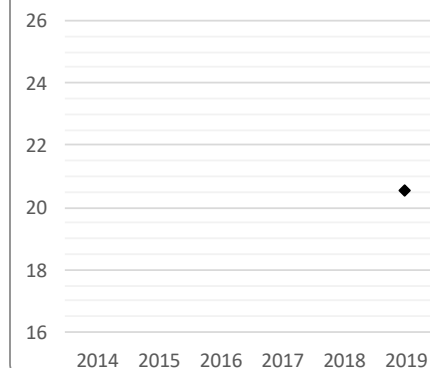
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: PEU FAVORABLE

Les Tmj max et Ti max sont respectivement inférieures de 3°C et 0,5°C au seuil létal. Ces valeurs peuvent provoquer chez la truite un stress physiologique important, potentiellement critique sur le long terme, notamment vis-à-vis des juvéniles, plus sensibles. Implantée en avril, la sonde a enregistré treize pourcent de valeurs supérieures à la plage de confort de l'espèce, avec des séquences maximales de dépassement limitées à 3 jours consécutifs. La Tm30j max est légèrement supérieure au seuil de confort (+0,4°C). La comparaison des données obtenues au droit des stations 1 et 35 ne montre pas d'impact notable de la retenue de Saint-Clément sur la thermie de la Besbre, probablement en raison de l'absence d'une réelle stratification thermique estivale de la retenue.

Evolution de la Tm30j max (°C)



En revanche, l'analyse détaillée des températures moyennes journalières relevées au droit de ces deux dernières stations met en évidence un impact plus significatif de la retenue de Saint-Clément sur la thermie de la Besbre :



Figure 5 : Impact de la retenue de Saint-Clément sur les températures moyennes journalières de la Besbre

Ainsi, durant une première période s'étendant du printemps jusqu'au cœur de l'été, les températures moyennes sont similaires entre l'amont et l'aval de la retenue ($14,1^{\circ}\text{C} \pm 0,15^{\circ}\text{C}$), mais les évolutions des moyennes journalières sont différentes. L'inertie thermique de la retenue a eu un effet « tampon » sur les températures mesurées à l'aval, en écrêtant les valeurs extrêmes et les variations rapides de température observées à l'amont de la retenue. Sur la seconde période d'analyse (c.-à-d. de la seconde moitié de l'été jusqu'à l'automne), c'est cette même inertie thermique qui, conjuguée à l'absence de réelle stratification thermique de la retenue, a engendré une température moyenne nettement plus élevée à l'aval de la retenue ($17,3^{\circ}\text{C}$) qu'à l'amont ($15,5^{\circ}\text{C}$).

Station 2: la Besbre à Saint-Prix

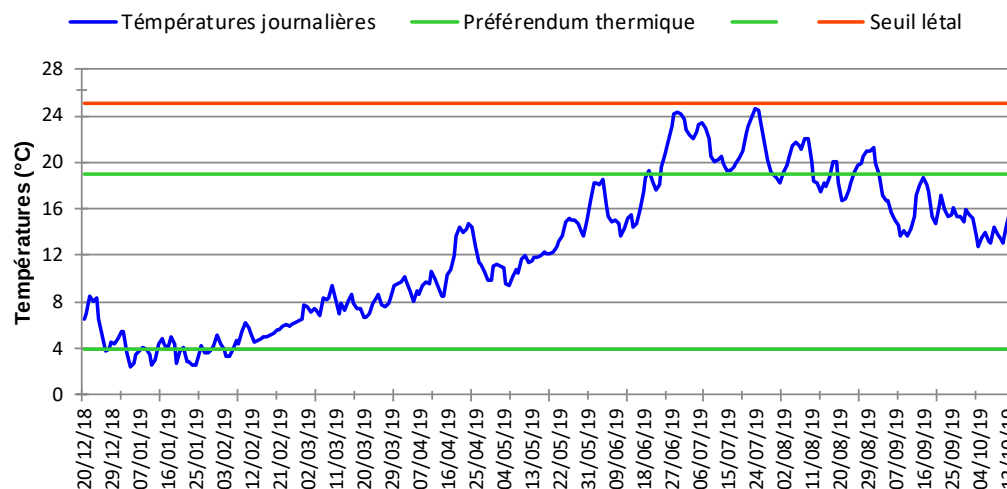


Période analysée : du 20/12/2018
au 16/10/2019

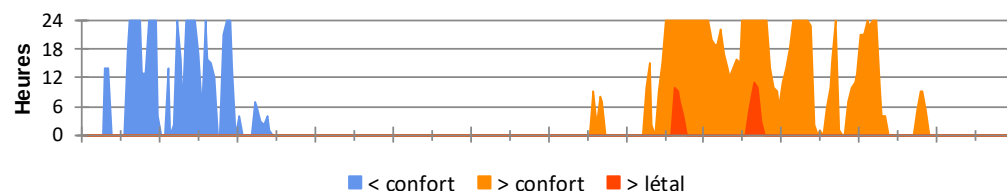
T°C instantanées	
Ti min	1,872
Ti max	26,879
AT i	25,007
Ajmax Ti	5,206
D Ajmax Ti	23/07/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	2,43
Tmj max	24,56
AT mj	22,13
D Tmj max	24/07/2019
T°C sur la période	
Tmp	12,62
Tm30j max	22,1
Dd Tm30j max	27/06/2019
Df Tm30j max	26/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	219
%j Tmj 4-19	72,76
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	7,97
Dd Tmj <4	27/12/2018
Df Tmj <4	06/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	18,94
Nb Ti >19	1354
Nb sq Ti >19	44
Nbmax Ti csf >19	379
Seuil létal	
Nb Ti ≥25	68
Nb sq Ti ≥25	9
Nbmax Ti csf ≥25	12

Températures journalières



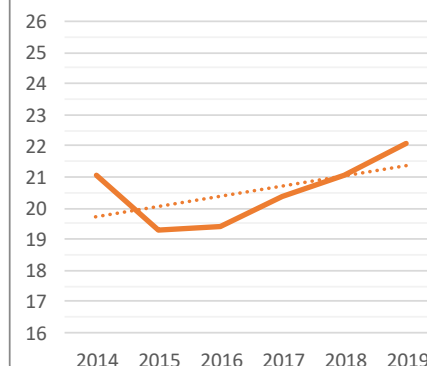
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INCOMPATIBLE

Les températures maximales instantanées dépassent de près de deux degrés le seuil létal de la truite fario et les températures moyennes journalières maximales l'avosinent. Près de trente pourcent des valeurs se situent en dehors de sa plage de confort, avec des séquences de dépassement parfois supérieures à deux semaines consécutives. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de plus de trois degrés la limite haute de la plage de confort de l'espèce. L'évolution interannuelle de la Tm30j max montre depuis 2015 une élévation régulière et importante des températures (+2,8°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



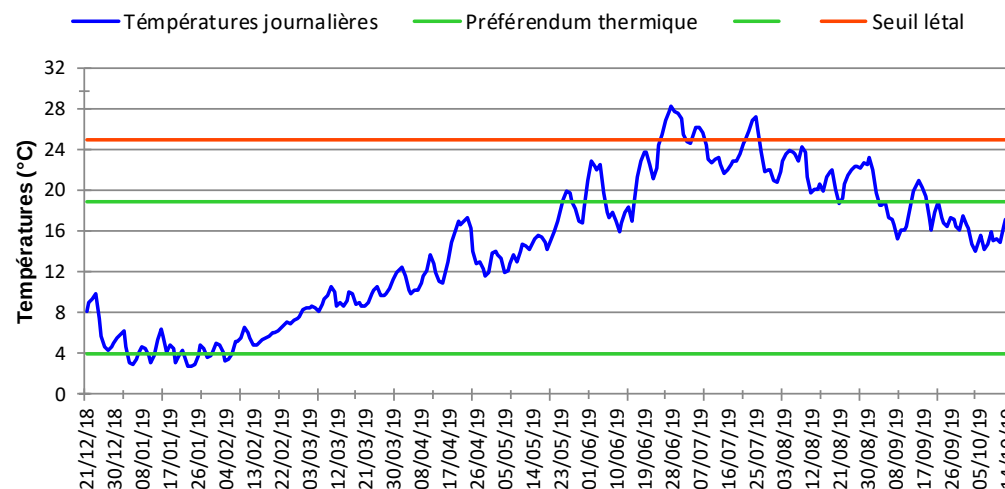
Station 3: la Besbre à Dompierre-sur-Besbre



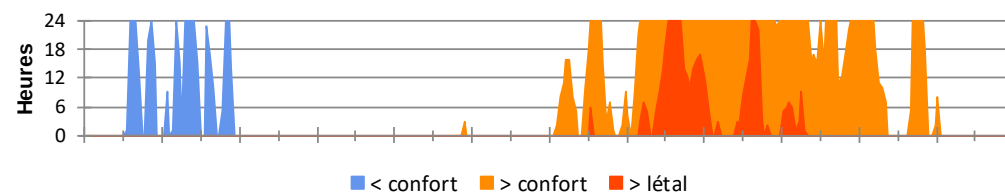
Période analysée : du 21/12/2018
au 18/10/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	2,41
	Ti max	30,659
	AT i	28,249
	Ajmax Ti	6,478
	D Ajmax Ti	16/06/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	2,75
	Tmj max	28,37
	AT mj	25,62
	D Tmj max	28/06/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	14,63
	Tm30j max	24,97
	Dd Tm30j max	26/06/2019
	Df Tm30j max	25/07/2019
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	194
	%j Tmj 4-19	64,24
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	5,63
	Dd Tmj <4	04/01/2019
	Df Tmj <4	05/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	30,13
	Nb Ti >19	2194
	Nb sq Ti >19	31
	Nbmax Ti csf >19	1079
	Seuil létal	
	Nb Ti ≥25	459
	Nb sq Ti ≥25	30
	Nbmax Ti csf ≥25	136

Températures journalières



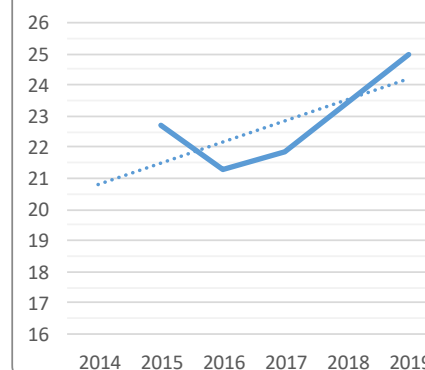
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



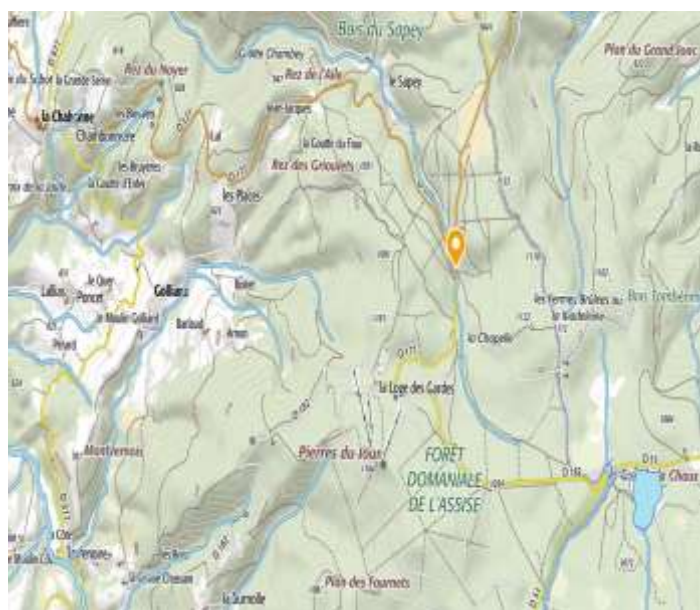
EVALUATION: INCOMPATIBLE

Toutes les valeurs caractéristiques de températures estivales (Ti max, Tmj max, Tm30j max) atteignent ou dépassent largement (jusqu'à 5,7°C) le seuil létal de l'espèce. Plus de trente-cinq pourcent des valeurs mesurées se situent en dehors de sa plage de confort thermique. Durant un mois et demi, la température n'est jamais descendue sous le seuil de 19°C constituant la limite haute de cette plage de confort. Le seuil létal de l'espèce correspond à la température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) et l'évolution interannuelle de cette valeur caractéristique montre depuis 2016 une élévation très importante des températures (+3,7°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



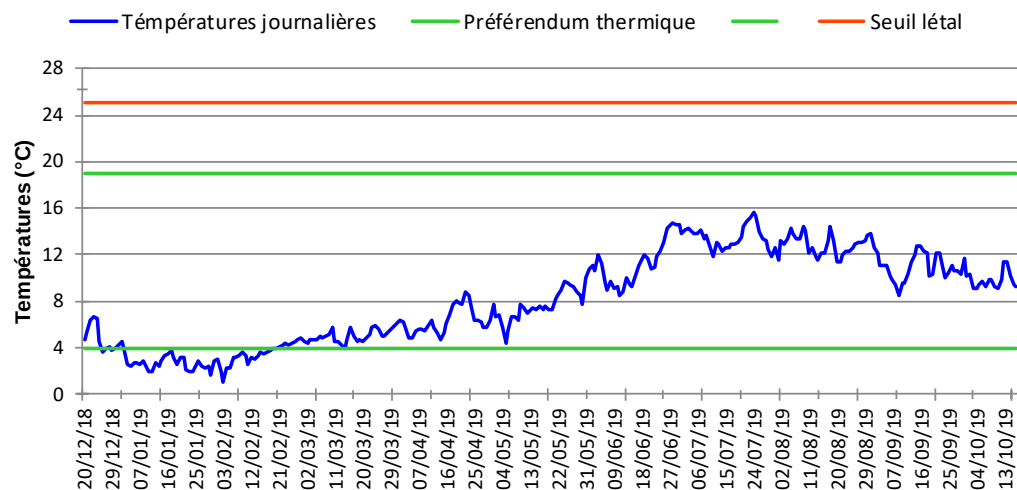
Station 25: le Sapey à Laprugne



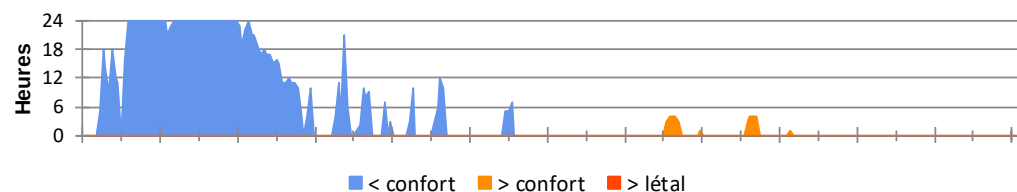
Période analysée : du 20/12/2018
au 17/10/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	0,121
	Ti max	21,187
	AT i	21,066
	Ajmax Ti	9,779
	D Ajmax Ti	29/06/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	1,03
	Tmj max	15,6
	AT mj	14,57
	D Tmj max	24/07/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	8,18
	Tm30j max	13,79
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	248
	%j Tmj 4-19	82,12
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	17,88
	Dd Tmj <4	26/12/2018
	Df Tmj <4	14/03/2019
Préférendum thermique TRF	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	0
	Nb Ti >19	35
	Nb sq Ti >19	11
	Nbmax Ti csf >19	4
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



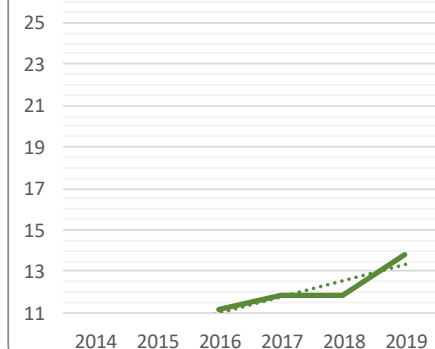
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: PLUTOT FAVORABLE

Aucune valeur caractérisant sur le long terme la thermie estivale du Sapey à Laprugne n'est contraignante pour la population de truite fario. Seules les températures instantanées maximales et les températures hivernales (moyennes et instantanées) sont susceptibles de provoquer un stress physiologique chez l'espèce et/ou de perturber le développement de son stade embryo-larvaire. Ainsi, 98% des mesures situées en dehors de la plage de confort de l'espèce sont des mesures hivernales. Enfin, l'évolution interannuelle de la Tm30j max montre une élévation régulière et significative des températures depuis 2016 (+2,6°C), en lien avec les conditions météorologiques estivales observées ces dernières années.

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 24: le Barbenan à Arfeuilles

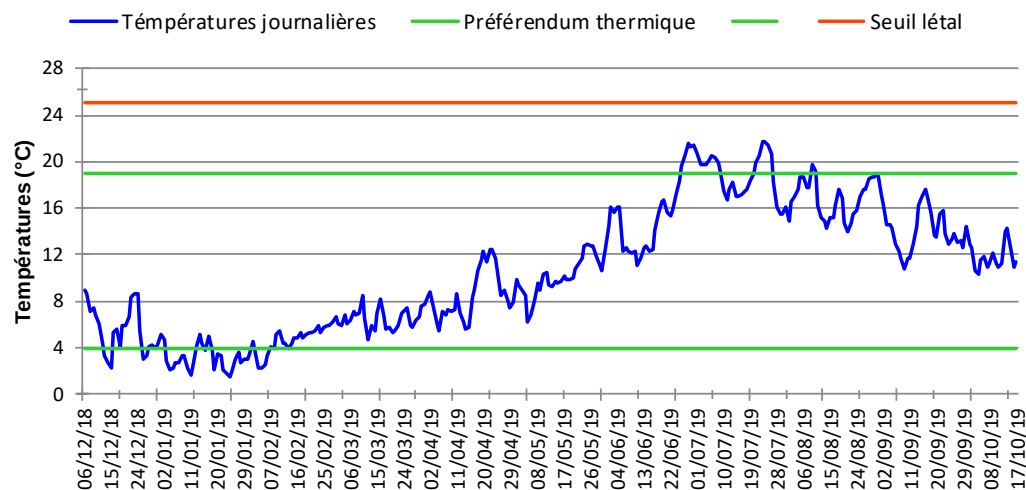


Période analysée : du 06/12/2018
au 17/10/2019

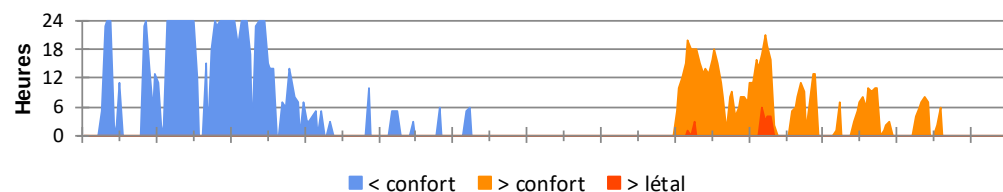
Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	0,893
	Ti max	27,173
	AT i	26,28
	Ajmax Ti	10,593
	D Ajmax Ti	20/09/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	1,56
	Tmj max	21,73
	AT mj	20,17
	D Tmj max	24/07/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	10,56
	Tm30j max	19,49
	Dd Tm30j max	27/06/2019
	Df Tm30j max	26/07/2019

Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	256
	%j Tmj 4-19	81,01
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	11,08
	Dd Tmj <4	13/12/2018
	Df Tmj <4	06/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	7,59
	Nb Ti >19	612
	Nb sq Ti >19	65
	Nbmax Ti csf >19	20
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	21
	Nb sq Ti ≥25	6
	Nbmax Ti csf ≥25	6

Températures journalières



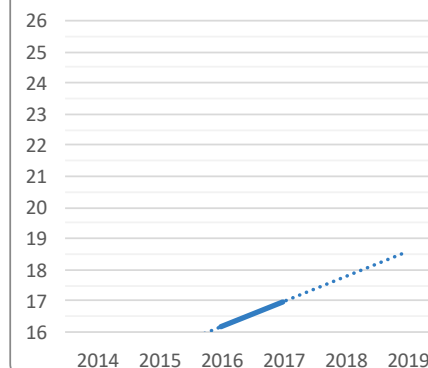
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: PEU FAVORABLE

La Ti max relevée le 25/07/2019 (27,2°C) a probablement été influencée par une courte période d'exondation partielle ou totale de la sonde de mesure. Elle n'est pas cohérente avec les données antérieures et les autres valeurs caractéristiques de thermie estivale qui sont certes jugées contraignantes, notamment à long terme et vis-à-vis des juvéniles de truite fario (Tm30j max et Tmj max respectivement supérieures de 0,5°C et 2,7°C à la plage de confort thermique), mais qui demeurent contenues dans les limites de tolérance de l'espèce. L'incertitude de mesure précédemment citée rend hasardeuse l'analyse de l'évolution interannuelle de la Tm30j max, qui se caractérisait jusqu'en 2018 par une nette augmentation des températures.

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 30: l'Andan à Saint-Prix

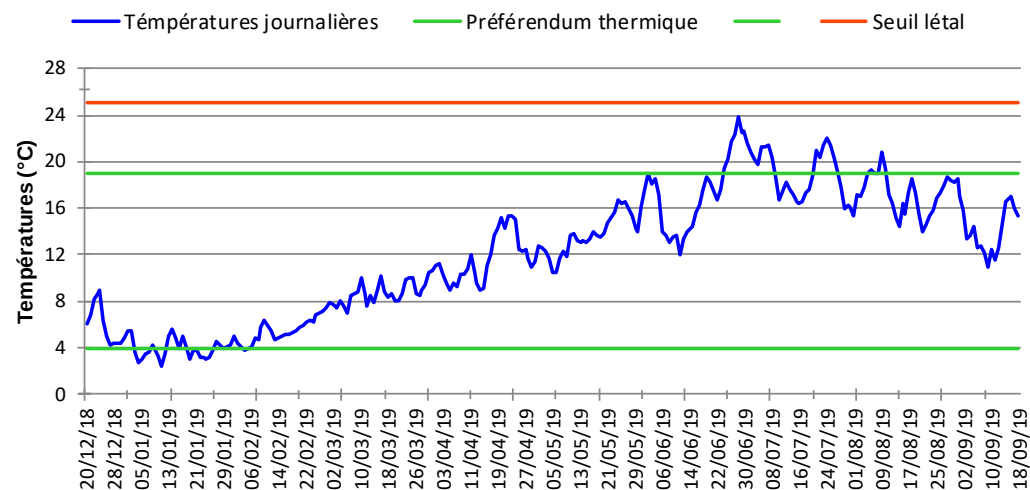


Période analysée : du 20/12/2018
au 18/09/2019

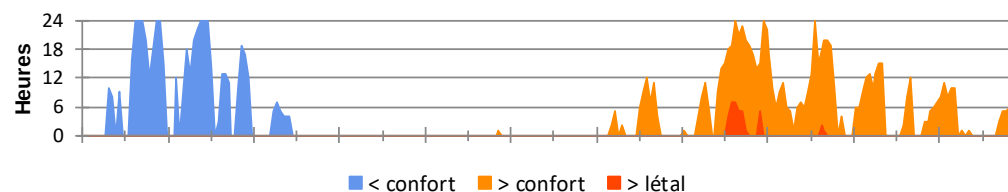
Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	1,656
	Ti max	26,977
	AT i	25,321
	Ajmax Ti	11,766
	D Ajmax Ti	13/06/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	2,41
	Tmj max	23,85
	AT mj	21,44
	D Tmj max	28/06/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	12,03
	Tm30j max	19,83
	Dd Tm30j max	26/06/2019
	Df Tm30j max	25/07/2019

Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	226
	%j Tmj 4-19	82,78
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	7,33
	Dd Tmj <4	03/01/2019
	Df Tmj <4	05/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	9,89
	Nb Ti >19	819
	Nb sq Ti >19	80
	Nbmax Ti csf >19	45
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	37
	Nb sq Ti ≥25	9
	Nbmax Ti csf ≥25	7

Températures journalières



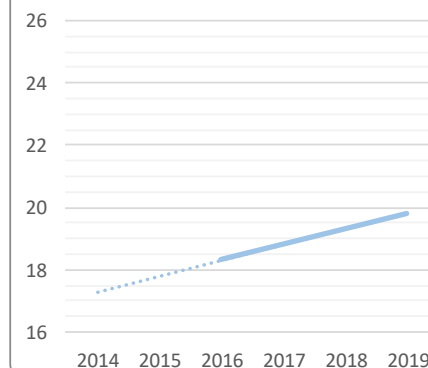
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INCOMPATIBLE

Les températures maximales instantanées dépassent de 2°C le seuil léthal de l'espèce et les températures moyennes journalières maximales l'avoisinent (-1,15°C). Dix-sept pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort de l'espèce, dont dix pourcent en période estivale. Les séquences de dépassement sont très nombreuses, mais relativement courtes (max. deux jours). La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de près d'un degré la limite haute de la plage de confort de l'espèce et son évolution interannuelle montre depuis 2016 un accroissement significatif des températures (+1,5°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 27: la Têche à Trézelles



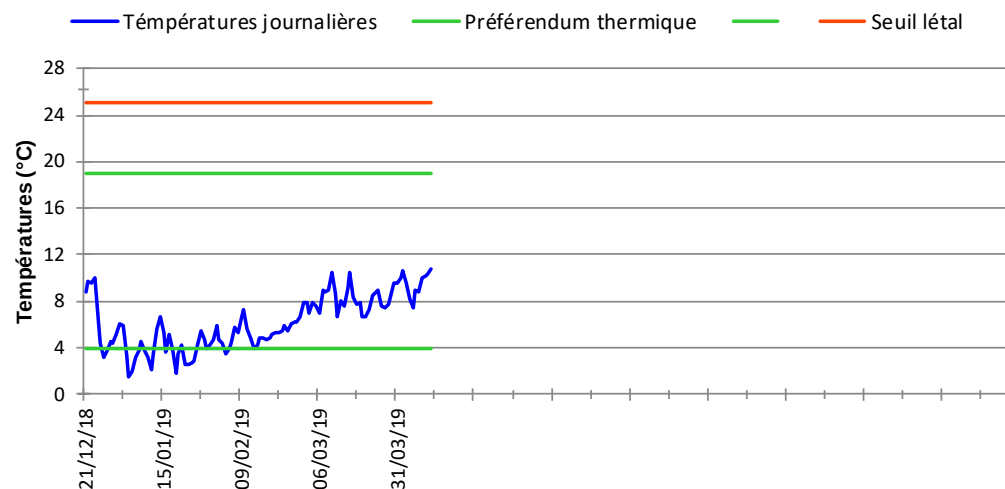
Période analysée : du 21/12/2018
au 11/04/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	0,453
	Ti max	13,558
	AT i	13,105
	Ajmax Ti	6,706
	D Ajmax Ti	31/03/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	1,54
	Tmj max	10,84
	AT mj	9,3
	D Tmj max	11/04/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	6,22
	Tm30j max	
	Dd Tm30j max	
	Df Tm30j max	

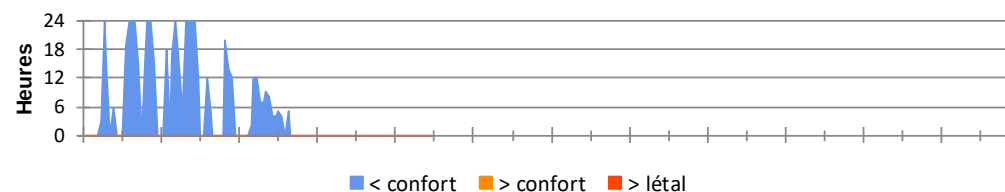
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	89
	%j Tmj 4-19	79,46
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	20,54
	Dd Tmj <4	27/12/2018
	Df Tmj <4	13/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	0
	Nb Ti >19	0
	Nb sq Ti >19	0
	Nbmax Ti csf >19	0
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Un dysfonctionnement matériel a entraîné la perte d'une partie des données. L'exondation de la sonde observée à la fin de l'été sur ce secteur de la Têche n'aurait de toute manière pas permis d'évaluer la fonctionnalité de son régime thermique vis-à-vis de la population de truite fario. L'inventaire piscicole réalisé en 2017 dans ce secteur avait permis de mettre en évidence la présence d'une population de truite fario estimée à 800 individus par hectare (densité jugée "faible").

Températures journalières

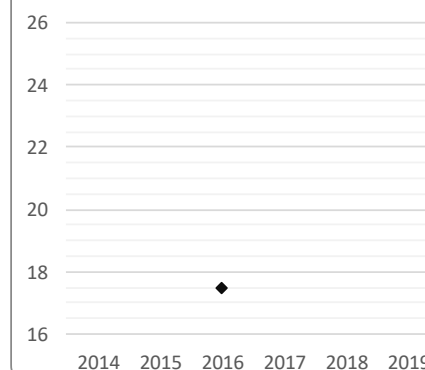


Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INDETERMINEE

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 21: le Graveron à Sorbier

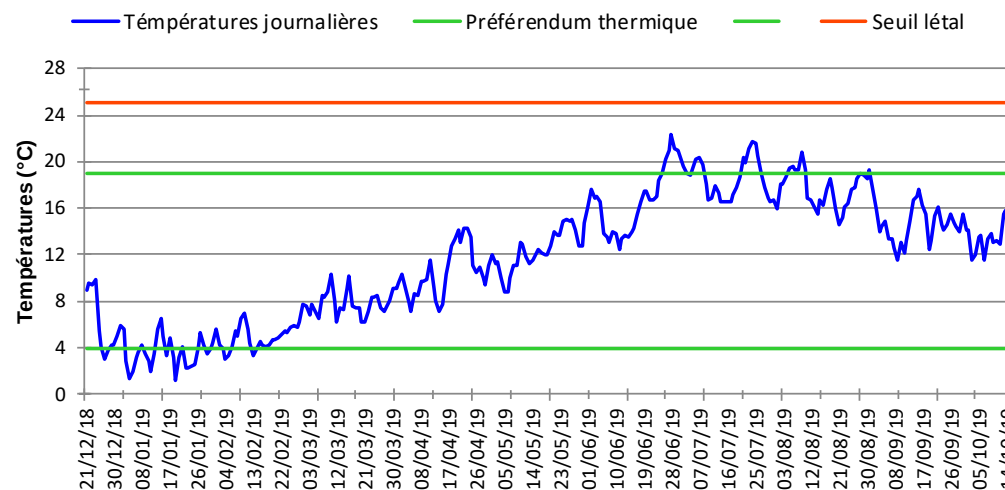


Période analysée : du 21/12/2018
au 18/10/2019

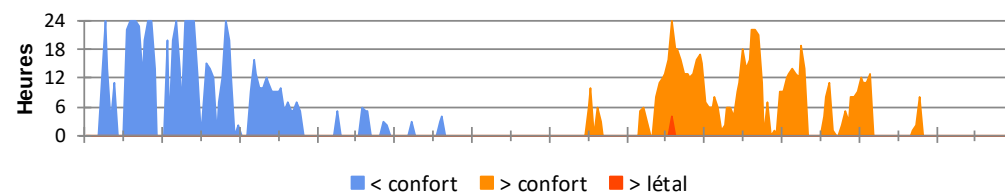
T°C instantanées	
Ti min	0,121
Ti max	25,416
AT i	25,295
Ajmax Ti	9,48
D Ajmax Ti	17/04/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	1,28
Tmj max	22,4
AT mj	21,12
D Tmj max	28/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	11,78
Tm30j max	19,15
Dd Tm30j max	27/06/2019
Df Tm30j max	26/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	250
%j Tmj 4-19	82,78
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	8,28
Dd Tmj <4	27/12/2018
Df Tmj <4	14/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	8,94
Nb Ti >19	710
Nb sq Ti >19	68
Nbmax Ti csf >19	42
Seuil léthal	
Nb Ti ≥25	4
Nb sq Ti ≥25	1
Nbmax Ti csf ≥25	4

Températures journalières



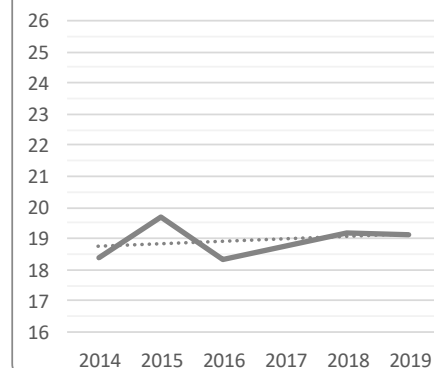
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: DEFAVORABLE

Al'exception de la Ti max légèrement supérieure au seuil léthal de la truite fario (+0,4°C), les valeurs caractéristiques du régime thermique se situent dans ses limites de tolérance. Elles peuvent toutefois entrainer un stress physiologique très important, notamment sur le long terme (Tmj max supérieure de 3,4°C au seuil de confort fixé à 19°C) et vis à vis des stades les plus thermosensibles (juvéniles). Dix-sept pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort, mais les séquences consécutives de dépassement restent inférieures à deux jours. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) est voisine du seuil de confort de l'espèce (+0,15°C). Son évolution interannuelle indique une relative stabilité des températures depuis 2014.

Evolution de la Tm30j max (°C)



3.2 Bassin-versant de l'Allier

Parmi les stations du bassin-versant de l'Allier pour lesquelles les chroniques de données permettent de caractériser le régime thermique des cours d'eau, aucune n'est jugée « compatible » ou « plutôt favorable » vis-à-vis du preferendum de la truite fario. Le Gaduet à Bransat, les stations de l'amont du bassin versant de la Bouble (le Venant à Voussac, la Bouble à Echassières), et le Sichon à Ferrières-sur-Sichon, sont celles qui présentent les régimes thermiques les moins défavorables. Pour la période d'analyse considérée, ils sont jugés « peu favorables » et traduisent, au vu des résultats obtenus les précédentes années, les conditions hydro-climatiques extrêmement sévères ayant impacté les cours d'eau du département en 2019.

Au droit de ces stations, les températures moyennes des 30 jours consécutifs les plus chauds avoisinent la limite du preferendum thermique de la truite fario ($19^{\circ}\text{C} \pm 0,6^{\circ}\text{C}$), et aucune température instantanée ou moyenne n'est supérieure au seuil léthal de l'espèce, fixé à 25°C . Les séquences durant lesquelles les températures sont susceptibles d'entraîner un stress métabolique occupent 8% à 17% de la période analysée, elles sont récurrentes (26 à 60 séquences selon la station), et les plus longues peuvent selon la station atteindre 1,5 jours à 5 jours. Par ailleurs, des températures particulièrement froides (T_i min et T_{mj} min inférieures à 1°C) sont également constatées sur la Bouble à Echassières et le Venant à Voussac, ce qui peut provoquer des mortalités au stade embryo-larvaire de l'espèce.

Le régime thermique du Mourgon à Creuzier-le-Neuf est quant à lui jugé « défavorable » en 2018/2019 vis-à-vis de la population de truite fario. Il se caractérise par une température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds dépassant de plus d'un degré le preferendum thermique de l'espèce, et par des températures maximales instantanées ponctuellement supérieures au seuil léthal (durant deux heures le 25 juillet 2019).

Les stations de la Sioule à Saint-Germain-de-Salles et de l'Andelot à Broût-Vernet appartiennent à la Limagne bourbonnaise et leurs régimes thermiques ont été fortement influencés par les conditions hydro-climatiques de l'été 2019. Ils sont jugés « incompatibles » vis-à-vis des exigences de la truite fario, caractérisés notamment par des T_i max ou des T_{mj} max supérieures au seuil léthal de l'espèce. Sur la Sioule la sonde a enregistré le 30 juin 2019 une température instantanée maximale de $30,5^{\circ}\text{C}$ (!), soit plus de cinq degrés au-delà du seuil léthal de l'espèce (T_i max = $28,3^{\circ}\text{C}$ sur l'Andelot). Sur ces stations, les séquences de dépassement du preferendum thermique de la truite fario représentent 24% à 48% des périodes analysées. Elles sont récurrentes (37 à 51 séquences) et les plus longues sont observées sur la Sioule, avec 36 jours consécutifs sans que la température de l'eau ne redescende sous le seuil de 19°C (16 jours sur l'Andelot).

Les résultats sont détaillés dans les pages suivantes pour chacune des stations de ce bassin-versant.

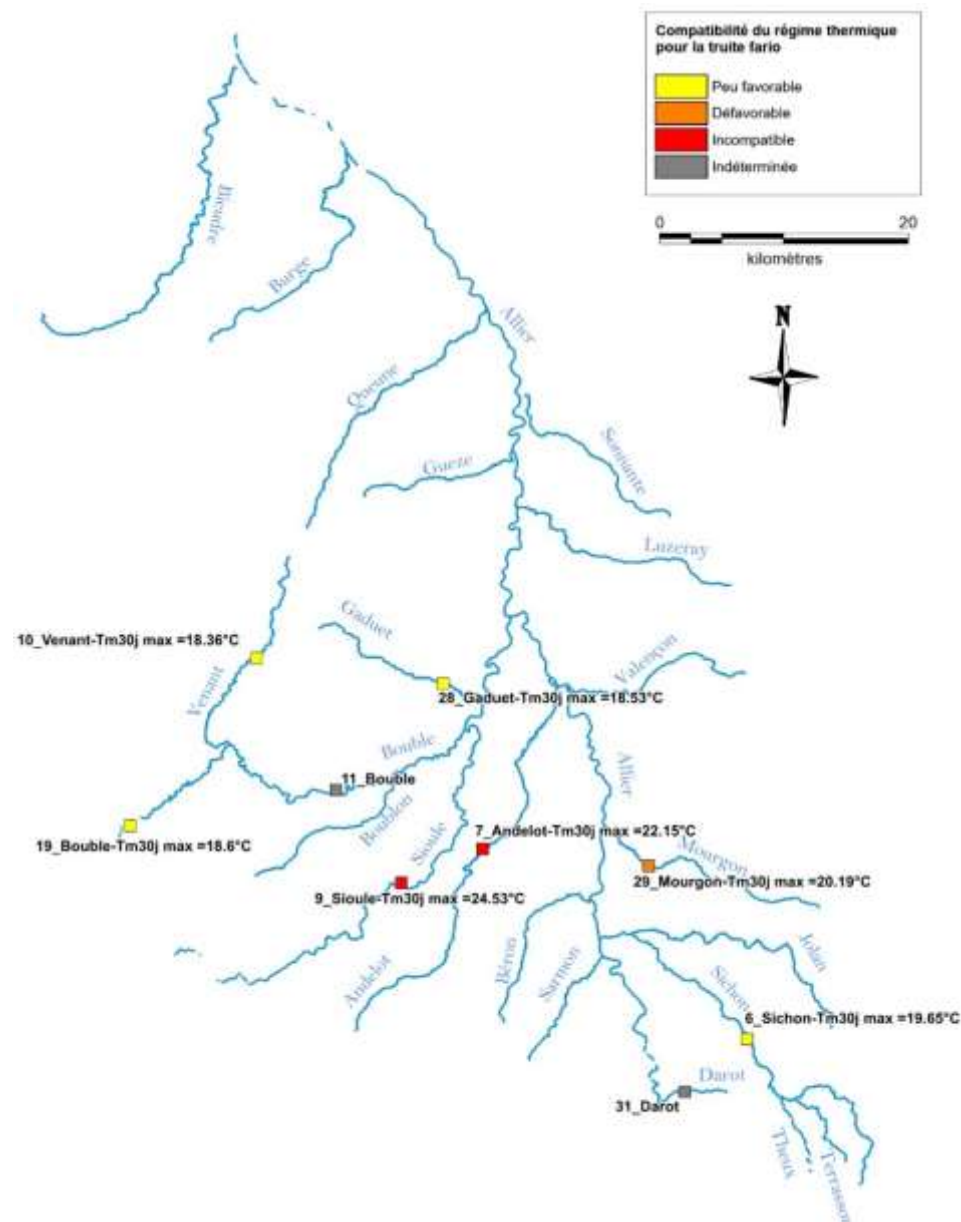


Figure 6 : Résultats 2018/2019 du RST03 sur le bassin-versant de l'Allier

Station 9: la Sioule à Saint-Germain-de-Salles

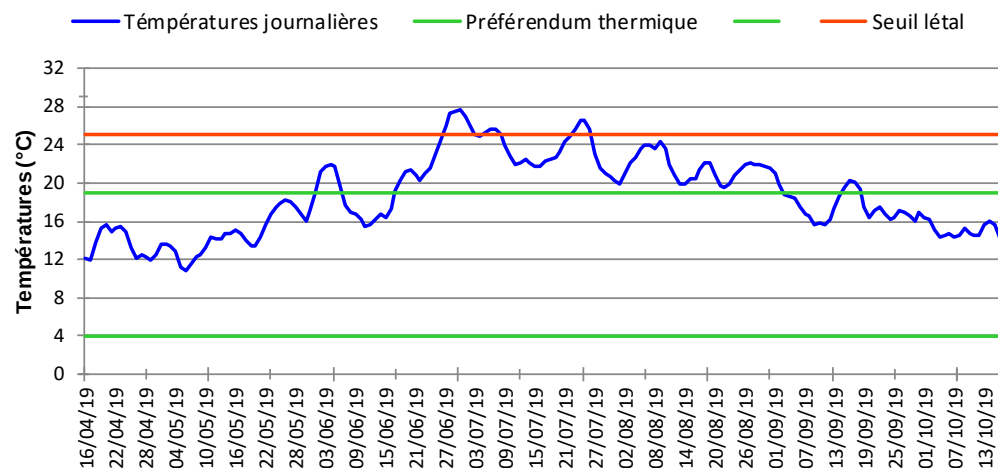


Période analysée : du 16/04/2019
au 16/10/2019

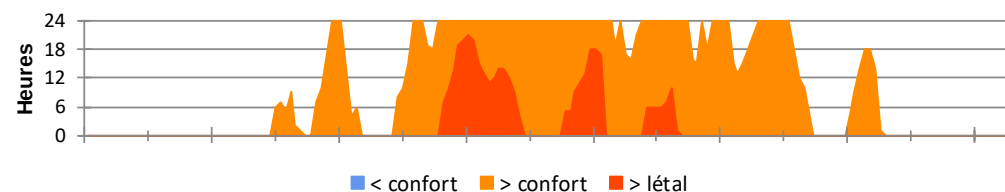
Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	8,879
	Ti max	30,457
	AT i	21,578
	Ajmax Ti	6,958
	D Ajmax Ti	01/06/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	10,91
	Tmj max	27,63
	AT mj	16,72
	D Tmj max	30/06/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	18,71
	Tm30j max	24,53
	Dd Tm30j max	27/06/2019
	Df Tm30j max	26/07/2019

Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	96
	%j Tmj 4-19	52,17
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	0
	Dd Tmj <4	
	Df Tmj <4	
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	47,28
	Nb Ti >19	2021
	Nb sq Ti >19	37
	Nbmax Ti csf >19	859
	Seuil létal	
	Nb Ti ≥25	353
	Nb sq Ti ≥25	30
	Nbmax Ti csf ≥25	21

Températures journalières



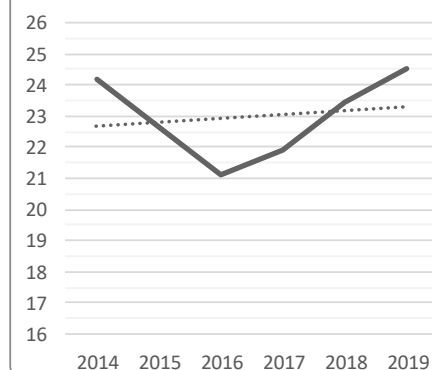
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INCOMPATIBLE

Toutes les valeurs caractéristiques de températures estivales (Ti max, Tmj max, Tm30j max) avoisinent ou dépassent largement (jusqu'à 5,5°C) le seuil létal de l'espèce. Près de la moitié des valeurs mesurées se situent en dehors de sa plage de confort thermique et durant plus d'un mois la température n'a jamais été inférieure au seuil de 19°C. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) est inférieure d'un demi degré au seuil létal de l'espèce et l'évolution interannuelle de cette valeur caractéristique montre depuis 2016 une élévation très importante des températures (+3,4°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 19: la Bouble à Echassières

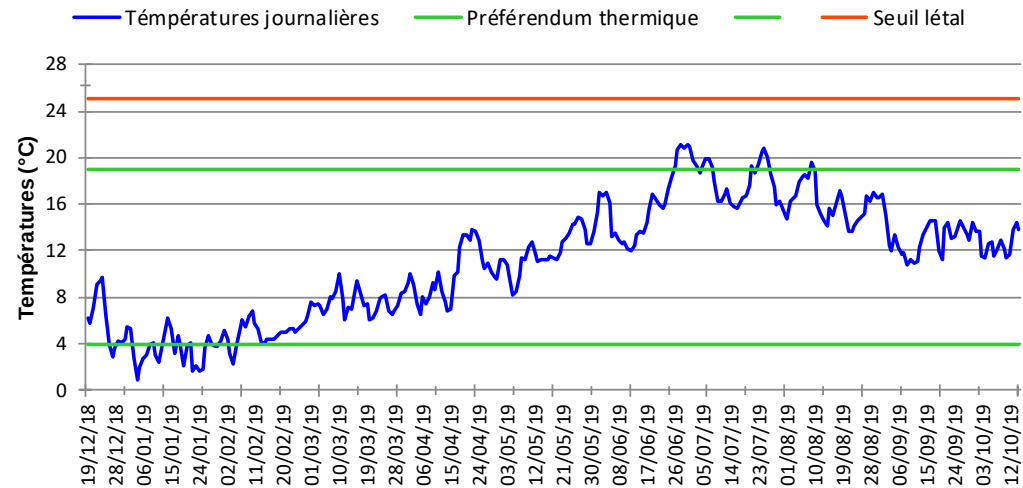


Période analysée : du 19/12/2018
au 15/10/2019

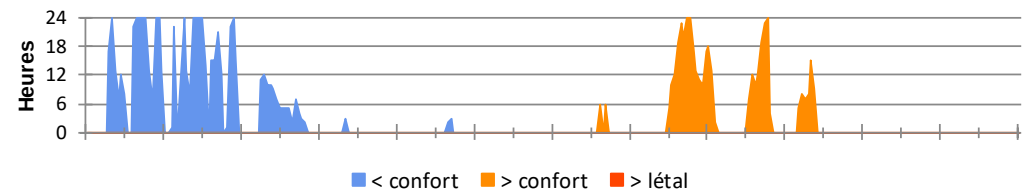
T°C instantanées	
Ti min	0,232
Ti max	23,484
AT i	23,252
Ajmax Ti	7,38
D Ajmax Ti	07/05/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	0,9
Tmj max	21,19
AT mj	20,29
D Tmj max	30/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	11,11
Tm30j max	18,6
Dd Tm30j max	27/06/2019
Df Tm30j max	26/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	256
%j Tmj 4-19	85,05
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	8,97
Dd Tmj <4	26/12/2018
Df Tmj <4	05/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	5,98
Nb Ti >19	413
Nb sq Ti >19	28
Nbmax Ti csf >19	66
Seuil létal	
Nb Ti ≥25	0
Nb sq Ti ≥25	0
Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



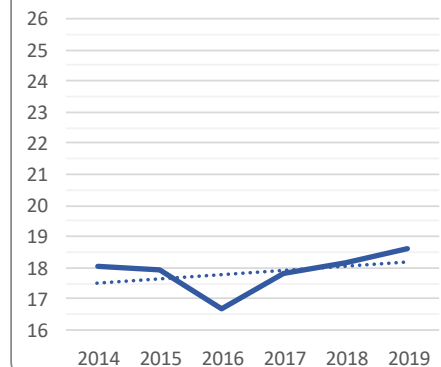
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: PEU FAVORABLE

Les températures maximales journalières et instantanées se maintiennent assez nettement sous le seuil létal mais demeurent susceptibles d'entraîner un stress physiologique important, notamment à long terme (moyenne journalière) et sur les individus les plus thermosensibles (juvéniles). Quinze pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort (dont 9% en période estivale). Les séquences de dépassement de cette plage restent cependant contenues (< 3 jours consécutifs). La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) est inférieure à la limite haute de la plage de confort de l'espèce (-0,4°C) et son évolution depuis 2014 indique une progression plus contenue que celle observée à l'échelle départementale (+0,6°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 11: la Boule à Chantelle



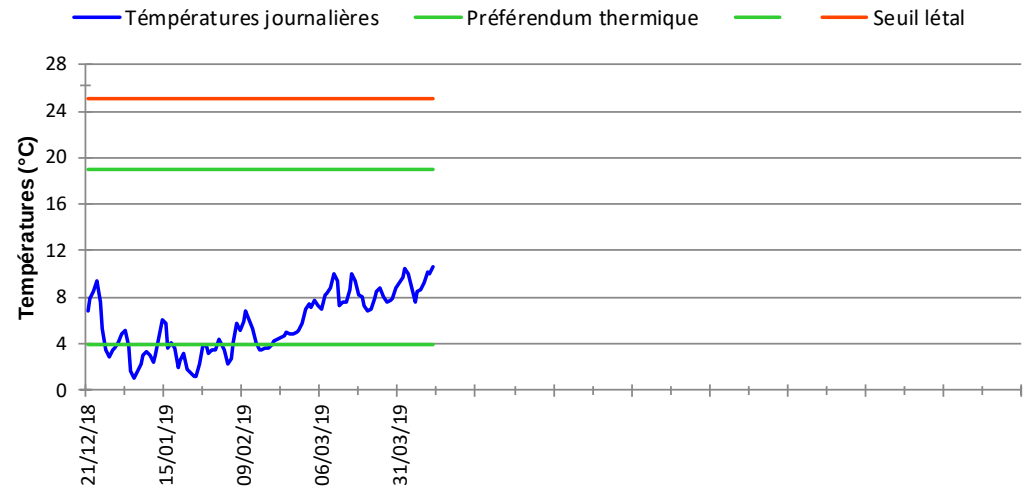
Période analysée : du 21/12/2018
au 11/04/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	0,784
	Ti max	11,139
	AT i	10,355
	Ajmax Ti	3,201
	D Ajmax Ti	23/03/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	1,04
	Tmj max	10,69
	AT mj	9,65
	D Tmj max	11/04/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	5,72
	Tm30j max	
	Dd Tm30j max	
	Df Tm30j max	

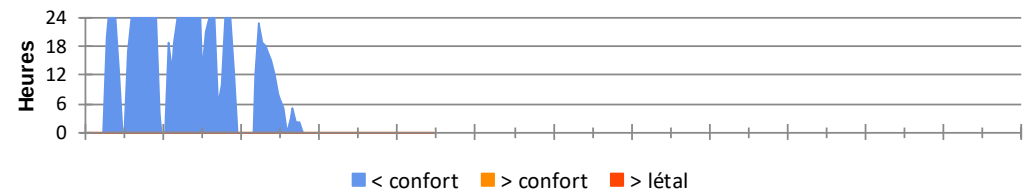
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	76
	%j Tmj 4-19	67,86
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	32,14
	Dd Tmj <4	27/12/2018
	Df Tmj <4	18/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	0
	Nb Ti >19	0
	Nb sq Ti >19	0
	Nbmax Ti csf >19	0
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Un dysfonctionnement matériel a entraîné la perte d'une partie des données. L'assec estival subi au droit de la sonde de mesure par la Boule en 2019 n'aurait de toute manière pas permis d'évaluer la fonctionnalité de son régime thermique vis-à-vis de la population de truite fario. L'inventaire piscicole réalisé en 2019 dans ce secteur n'a pas mis en évidence la présence de cette espèce.

Températures journalières

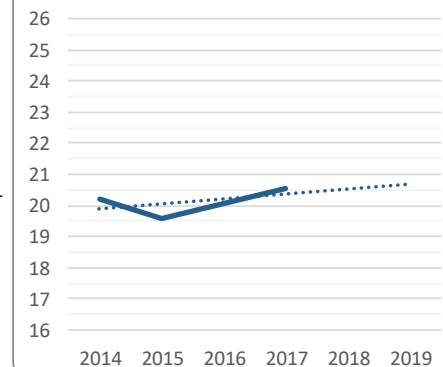


Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INDETERMINEE

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 10: le Venant à Voussac

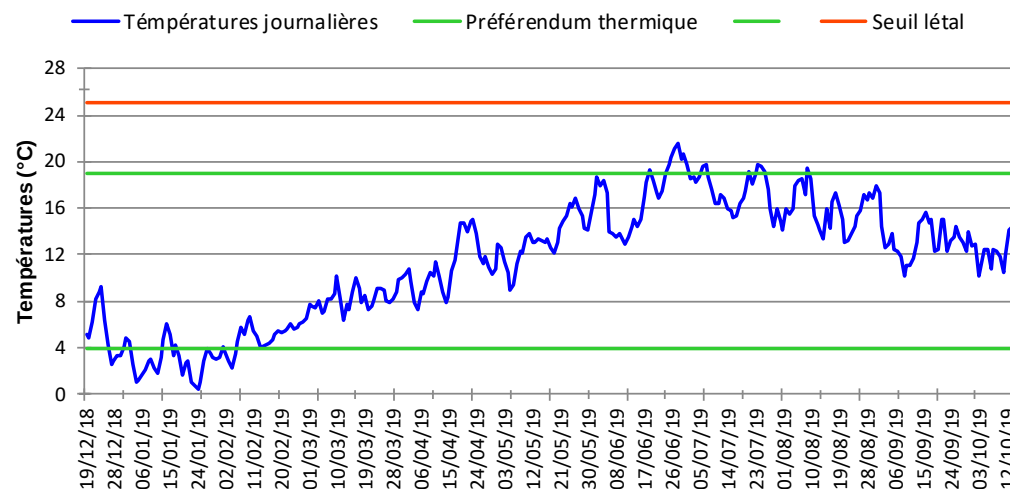


Période analysée : du 19/12/2018
au 16/10/2019

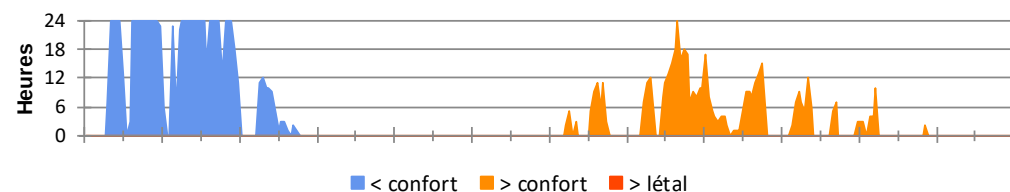
T°C instantanées	
Ti min	0,121
Ti max	24,738
AT i	24,617
Ajmax Ti	9,858
D Ajmax Ti	04/09/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	0,44
Tmj max	21,51
AT mj	21,07
D Tmj max	28/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	11,4
Tm30j max	18,36
Dd Tm30j max	17/06/2019
Df Tm30j max	16/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	253
%j Tmj 4-19	83,77
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	10,6
Dd Tmj <4	27/12/2018
Df Tmj <4	05/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	5,3
Nb Ti >19	496
Nb sq Ti >19	60
Nbmax Ti csf >19	40
Seuil léthal	
Nb Ti ≥25	0
Nb sq Ti ≥25	0
Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



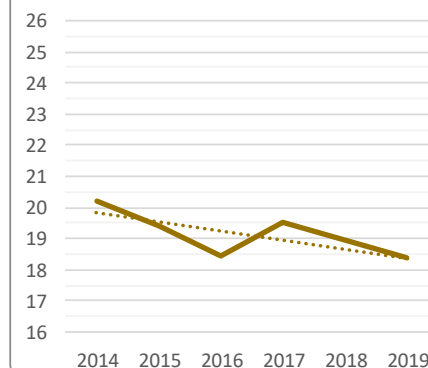
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: PEU FAVORABLE

Les températures maximales journalières et instantanées se maintiennent sous le seuil léthal mais demeurent susceptibles d'entraîner un stress physiologique important, d'autant plus critique sur le long terme (moyenne journalière) que les individus sont thermosensibles (juvéniles). Seize pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort, avec des séquences de dépassement courtes (< 2 jours consécutifs). La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) est inférieure de plus d'un demi degré à la limite haute de la plage de confort de l'espèce. Au vu de la situation à l'échelle départementale, l'évolution interannuelle de la Tm30j max depuis 2014 montre une tendance assez surprenante à la baisse des températures (-1,1°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



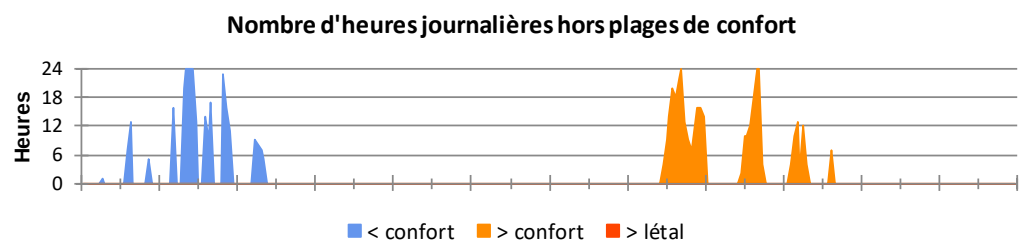
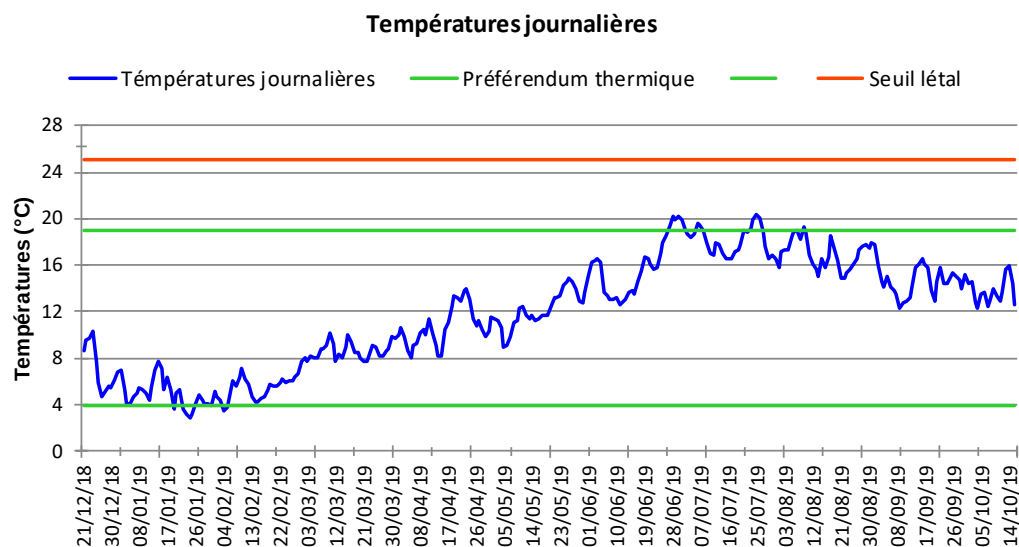
Station 28: le Gaduet à Bransat



Période analysée : du 21/12/2018
au 16/10/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	2,624
	Ti max	21,473
	AT i	18,849
	Ajmax Ti	5,807
	D Ajmax Ti	18/04/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	2,89
	Tmj max	20,28
	AT mj	17,39
	D Tmj max	25/07/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	11,89
	Tm30j max	18,53
	Dd Tm30j max	27/06/2019
	Df Tm30j max	26/07/2019

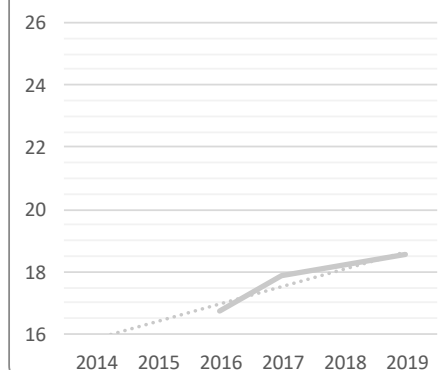
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	277
	%j Tmj 4-19	92,33
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	2,67
	Dd Tmj <4	19/01/2019
	Df Tmj <4	05/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	5
	Nb Ti >19	353
	Nb sq Ti >19	26
	Nbmax Ti csf >19	65
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0



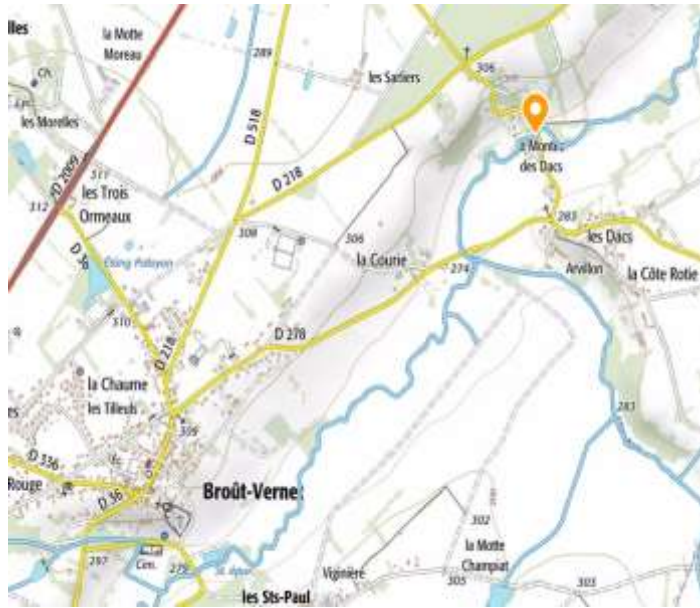
EVALUATION: PEU FAVORABLE

Les températures maximales journalières et instantanées se maintiennent assez nettement sous le seuil léthal mais demeurent susceptibles d'entraîner un stress physiologique important, notamment à long terme (moyenne journalière) et sur les individus les plus thermosensibles (juvéniles). Huit pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort, la plupart en période estivale. Les séquences de dépassement de cette plage restent cependant contenues (< 3 jours consécutifs). La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) est inférieure à la limite haute de la plage de confort de l'espèce (-0,5°C) et son évolution depuis 2016 indique une augmentation continue des températures (+1,8°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)

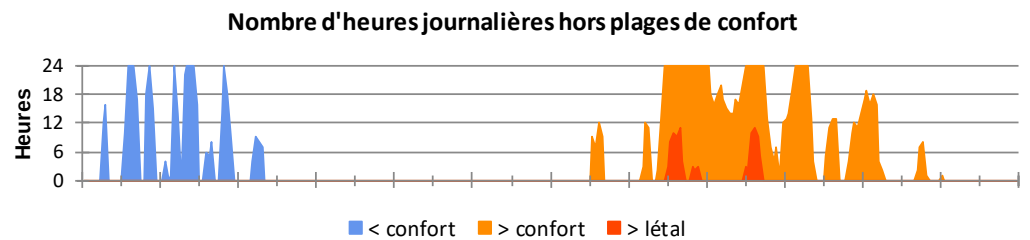
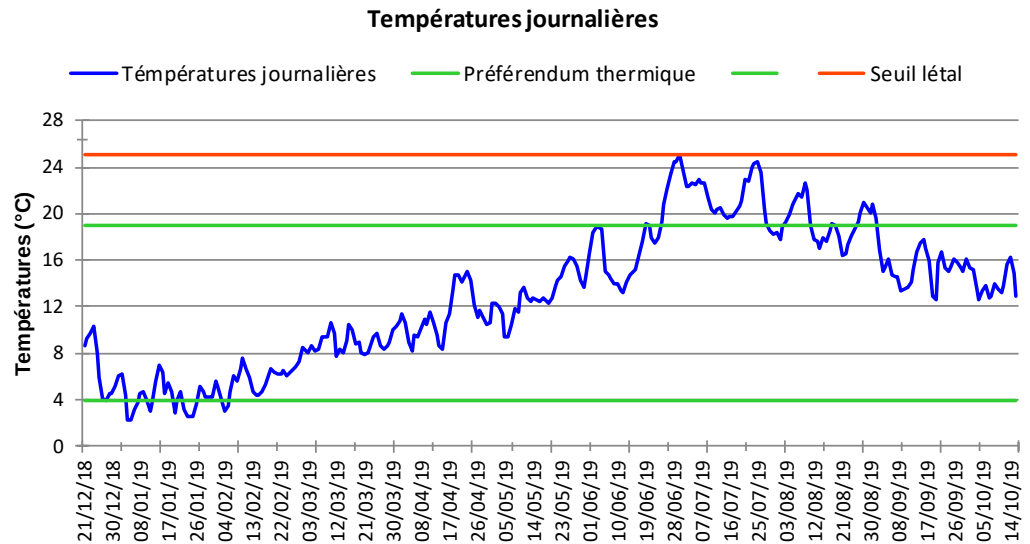


Station 7: l'Andelot à Broût-Vernet



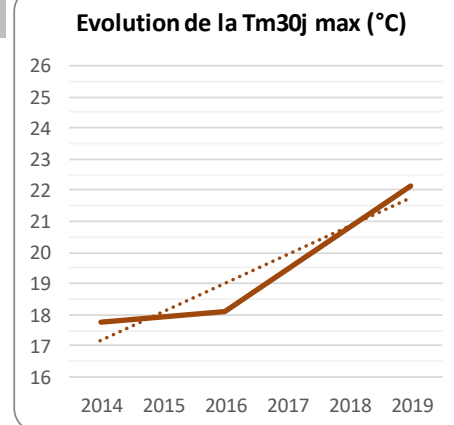
Période analysée : du 21/12/2018
au 16/10/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	1,764
	Ti max	28,258
	AT i	26,494
	Ajmax Ti	10,348
	D Ajmax Ti	20/09/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	2,25
	Tmj max	25,07
	AT mj	22,82
	D Tmj max	30/06/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	12,89
	Tm30j max	22,15
	Dd Tm30j max	27/06/2019
	Df Tm30j max	26/07/2019
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	229
	%j Tmj 4-19	76,33
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	5,67
	Dd Tmj <4	28/12/2018
	Df Tmj <4	05/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	18
	Nb Ti >19	1222
	Nb sq Ti >19	51
	Nbmax Ti csf >19	376
	Seuil létal	
	Nb Ti ≥25	93
	Nb sq Ti ≥25	15
	Nbmax Ti csf ≥25	11



EVALUATION: INCOMPATIBLE

Les températures moyennes journalières maximales atteignent le seuil létal de la truite fario et les températures maximales instantanées le dépassent de plus de 3°C. Près d'un quart des valeurs se situent en dehors de son préférendum thermique, avec des séquences de dépassement parfois supérieures à deux semaines consécutives. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de plus de trois degrés le seuil de confort de l'espèce. L'évolution interannuelle de la Tm30j max montre depuis 2016 une élévation très importante des températures (+4°C).



Station 31: le Darot à Mariol

Période analysée : du 06/12/2018
au 10/04/2019

Variables thermiques générales	
T°C instantanées	
Ti min	2,41
Ti max	14,038
AT i	11,628
Ajmax Ti	6,957
D Ajmax Ti	29/03/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	3,52
Tmj max	10,59
AT mj	7,07
D Tmj max	06/12/2018
T°C sur la période	
Tmp	6,7
Tm30j max	
Dd Tm30j max	
Df Tm30j max	

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	120
%j Tmj 4-19	95,24
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	4,76
Dd Tmj <4	04/01/2019
Df Tmj <4	25/01/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	0
Nb Ti >19	0
Nb sq Ti >19	0
Nbmax Ti csf >19	0
Seuil légal	
Nb Ti ≥25	0
Nb sq Ti ≥25	0
Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières

Nombre d'heures journalières hors plages de confort

EVALUATION: INDETERMINEE

Un acte de vandalisme (câble sectionné) a provoqué la perte des données estivales. Un nouvel emplacement sera déterminé pour fiabiliser la récolte des données 2020 sur ce cours d'eau qui abrite une des plus denses populations de truites fario du département. L'inventaire par pêche électrique réalisé en 2018 dans ce secteur a en effet mis en évidence la présence d'un effectif estimé à environ 50 individus pour 100m².

Evolution de la Tm30j max (°C)

Station 6: le Sichon à Arronnes



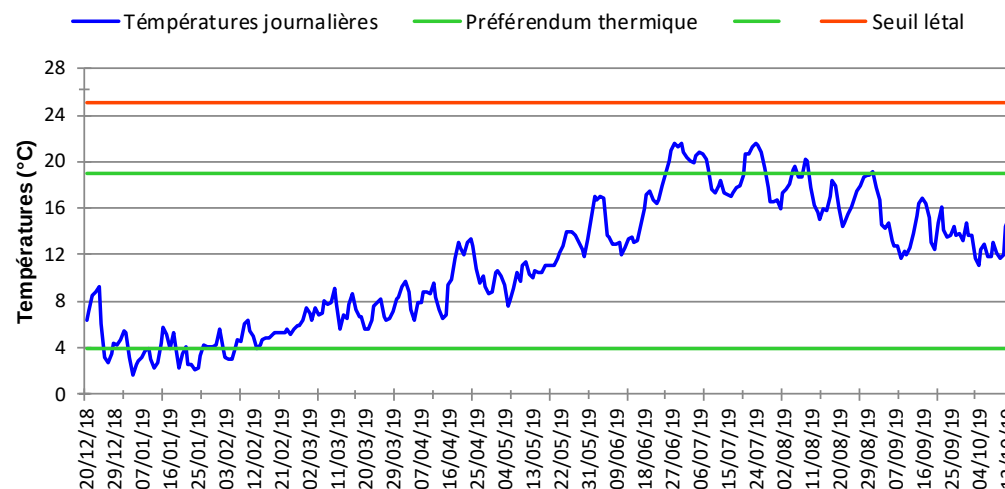
Période analysée : du 20/12/2018
au 17/10/2019

Variables thermiques générales	
T°C instantanées	
Ti min	1,112
Ti max	24,351
AT i	23,239
Ajmax Ti	5,573
D Ajmax Ti	15/04/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	1,61
Tmj max	21,64
AT mj	20,03
D Tmj max	30/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	11,37
Tm30j max	19,65
Dd Tm30j max	27/06/2019
Df Tm30j max	26/07/2019

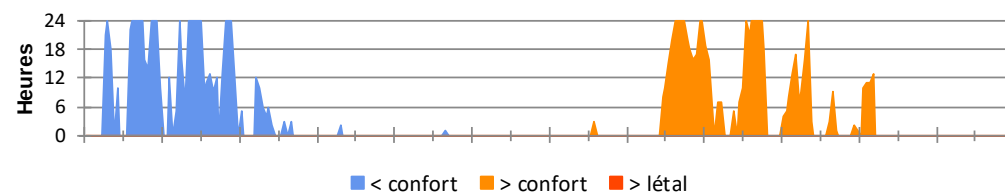
Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	250
%j Tmj 4-19	82,78
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	8,28
Dd Tmj <4	26/12/2018
Df Tmj <4	05/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	8,61
Nb Ti >19	673
Nb sq Ti >19	35
Nbmax Ti csf >19	118
Seuil léthal	
Nb Ti ≥25	0
Nb sq Ti ≥25	0
Nbmax Ti csf ≥25	0

Préférendum thermique TRF

Températures journalières



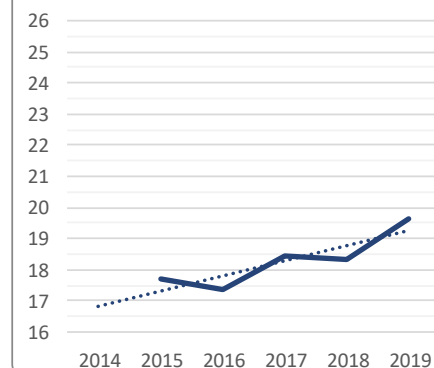
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: PEU FAVORABLE

Les températures maximales journalières et instantanées se maintiennent sous le seuil léthal. Elles sont toutefois de nature à entrainer un stress physiologique important, d'autant plus critique sur le long terme (moyenne journalière) que les individus sont thermosensibles (juvéniles). Dix-sept pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort de la truite fario, avec des séquences de dépassement pouvant atteindre cinq jours consécutifs. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de plus d'un demi degré la limite haute de ce préférendum thermique. L'évolution interannuelle de la Tm30j max depuis 2015 montre une tendance nette à l'augmentation des températures (+2°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 29: le Mourgon à Creuzier-le-Neuf

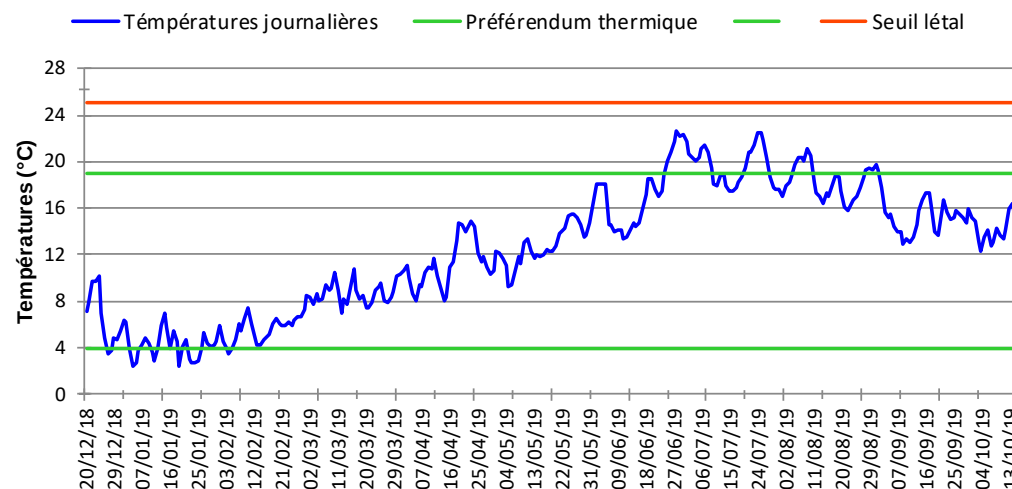


Période analysée : du 20/12/2018
au 16/10/2019

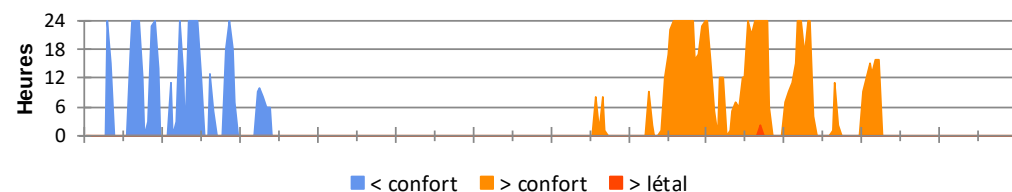
T°C instantanées	
Ti min	1,33
Ti max	25,125
AT i	23,795
Ajmax Ti	5,848
D Ajmax Ti	17/04/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	2,41
Tmj max	22,59
AT mj	20,18
D Tmj max	28/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	12,44
Tm30j max	20,19
Dd Tm30j max	27/06/2019
Df Tm30j max	26/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	250
%j Tmj 4-19	83,06
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	5,32
Dd Tmj <4	27/12/2018
Df Tmj <4	05/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	11,3
Nb Ti >19	865
Nb sq Ti >19	37
Nbmax Ti csf >19	187
Seuil létal	
Nb Ti ≥25	2
Nb sq Ti ≥25	1
Nbmax Ti csf ≥25	2

Températures journalières



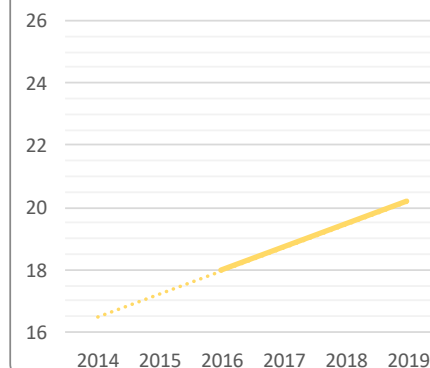
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: DEFAVORABLE

À l'exception de la Ti max légèrement supérieure au seuil létal de la truite fario (+0,1°C), les valeurs de thermie caractéristiques se situent dans ses limites de tolérance. Elles peuvent toutefois entraîner un stress physiologique très important, notamment sur le long terme (Tmj max supérieure de 3,6°C au seuil de confort fixé à 19°C) et vis à vis des stades juvéniles, plus sensibles. Dix-sept pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort et les séquences consécutives maximales de dépassement peuvent atteindre huit jours. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) est supérieure au seuil de confort (+1,2°C). Son évolution interannuelle indique une augmentation marquée des températures depuis 2016.

Evolution de la Tm30j max (°C)



3.3 Bassin-versant du Cher

Parmi les stations du bassin-versant du Cher pour lesquelles la chronique de données récoltée autorise une analyse fiable, seule la station située sur le Cher à l'aval immédiat du complexe de Rochebut/Prat ne possède pas un régime thermique jugé « incompatible » vis-à-vis des exigences de la truite fario. La thermie de cette station est en effet fortement influencée par la stratification thermique des eaux qui s'opère dans les retenues de Rochebut et de Prat, et par leur mode de déversement (vanne de fond). Avec le Sapey à Laprugne, cette station est la seule du suivi 2018/2019 à posséder un régime thermique globalement conforme à l'accueil et au développement des populations de truite fario.

La qualification du régime thermique du Cher à l'amont de la retenue de Rochebut (station 34) n'est quant à elle réalisée qu'à titre indicatif, sur la base des données thermiques estivales qui ont pu être acquises avant l'assèchement du cours d'eau. Elle conclut à l'incompatibilité thermique de ce secteur du Cher situé en première catégorie piscicole vis-à-vis de la truite fario.

Les autres stations (l'Œil à Malicorne, l'Aumance à Meaulne et l'Arnon à Viplaix) présentent toutes des régimes thermiques jugés « incompatibles » vis-à-vis des exigences de l'espèce. Ils sont caractérisés par l'existence de températures instantanées dépassant régulièrement le seuil léthal de l'espèce, et même, dans le cas de l'Aumance à Meaulne, de températures moyennes journalières supérieures au seuil de 25°C. Sur ces stations, les séquences de dépassement de son préférendum thermique représentent 20% à 33% des périodes analysées. Elles sont récurrentes (44 à 49 séquences), et les plus longues sont observées sur l'Aumance, avec près de trois semaines consécutives sans que la température de l'eau ne redescende sous le seuil de 19°C (8,5 jours pour l'Arnon et 11 jours pour l'Œil).

Les résultats sont détaillés dans les pages suivantes pour chacune des stations de ce bassin-versant.

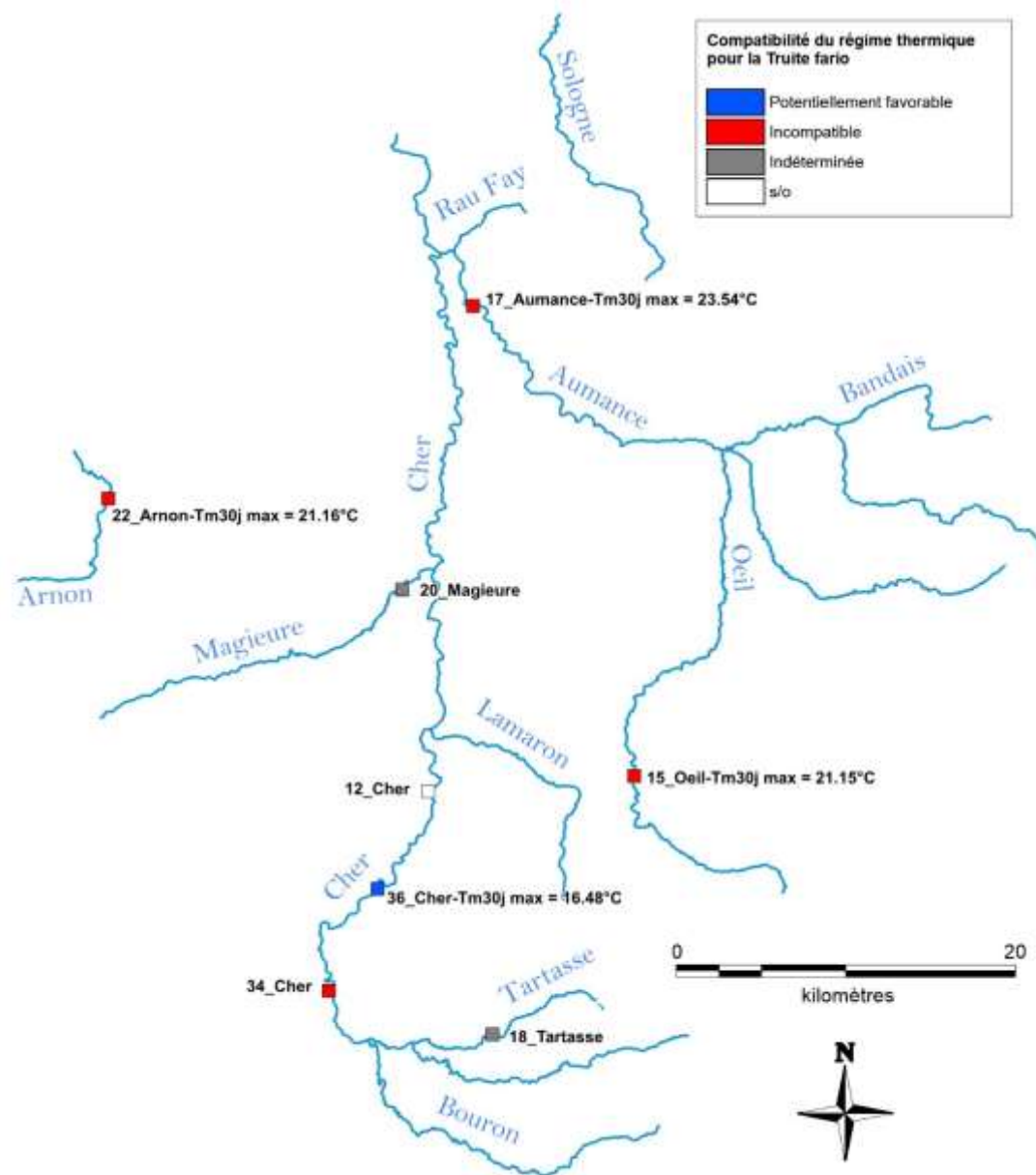


Figure 7 : Résultats 2018/2019 du RST 03 sur le bassin-versant du Cher

Station 34: le Cher à La Petite-Marche

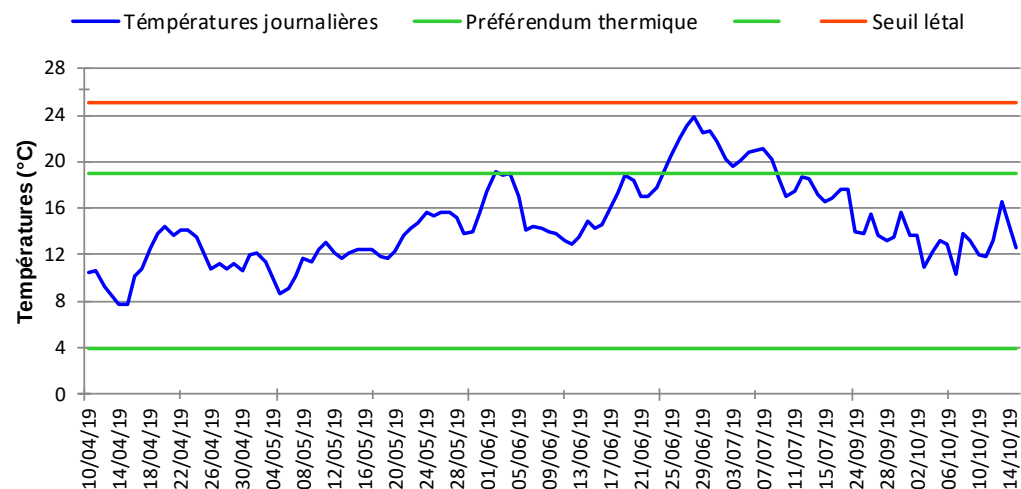


Période analysée : du 10/04/2019
au 15/10/2019

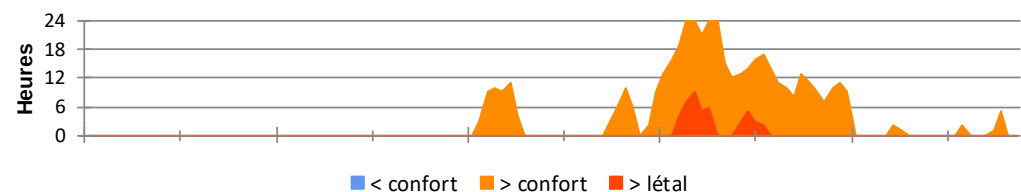
T°C instantanées	
Ti min	4,727
Ti max	28,159
AT i	23,432
Ajmax Ti	13,31
D Ajmax Ti	17/07/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	7,7
Tmj max	23,86
AT mj	16,16
D Tmj max	28/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	14,66
Tm30j max	19,44
Dd Tm30j max	19/06/2019
Df Tm30j max	18/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	106
%j Tmj 4-19	86,89
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	0
Dd Tmj <4	
Df Tmj <4	
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	13,11
Nb Ti >19	458
Nb sq Ti >19	37
Nbmax Ti csf >19	68
Seuil léthal	
Nb Ti ≥25	44
Nb sq Ti ≥25	9
Nbmax Ti csf ≥25	9

Températures journalières



Nombre d'heures journalières hors plages de confort

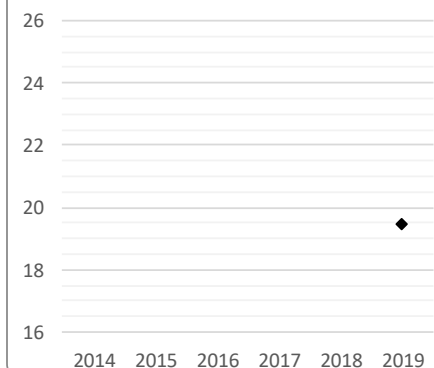


EVALUATION: INCOMPATIBLE

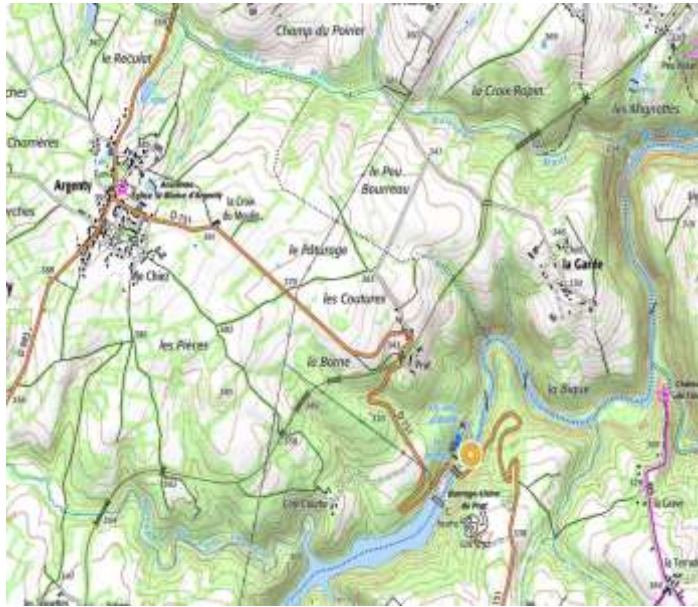
Cette sonde n'a permis qu'un enregistrement partiel de la thermie du Cher avant son entrée dans la retenue de Rochebut.

Elle a été implantée en avril 2019 et une rupture des écoulements a conduit à son assèchement pendant plus de deux mois, à la fin de l'été. Les données récoltées sont donc très parcellaires. Si la thermie réelle du cours d'eau ne peut pas être caractérisée avec précision pour l'année 2019, certaines valeurs mesurées lorsque la sonde était immergée indiquent tout de même son incompatibilité vis-à-vis des exigences de la truite fario. Les températures maximales enregistrées dépassent notamment de plus de trois degrés le seuil léthal de l'espèce. Pour les raisons évoquées précédemment, la Tm30j max est probablement sous-évaluée.

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 36: le Cher à Sainte-Thérance

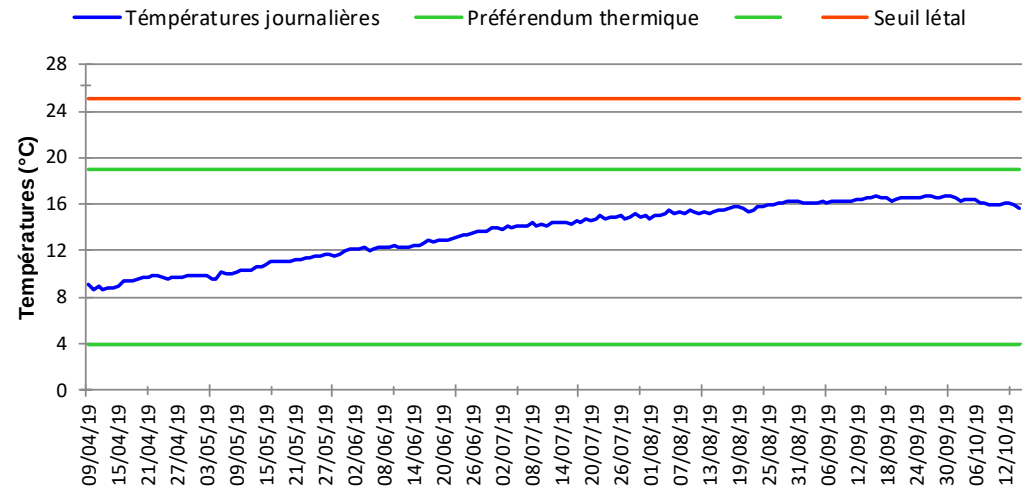


Période analysée : du 09/04/2019
au 15/10/2019

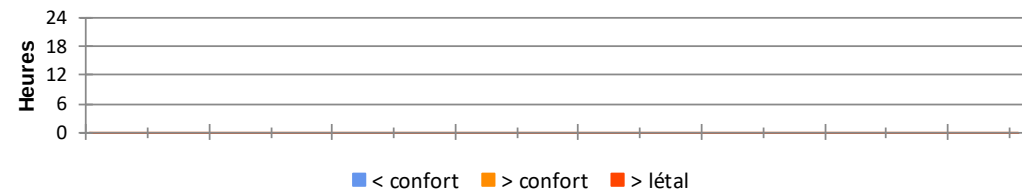
T°C instantanées	
Ti min	8,082
Ti max	17,57
AT i	9,488
Ajmax Ti	1,951
D Ajmax Ti	14/05/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	8,68
Tmj max	16,78
AT mj	8,1
D Tmj max	30/09/2019
T°C sur la période	
Tmp	13,64
Tm30j max	16,48
Dd Tm30j max	07/09/2019
Df Tm30j max	06/10/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	190
%j Tmj 4-19	100
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	0
Dd Tmj <4	
Df Tmj <4	
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	0
Nb Ti >19	0
Nb sq Ti >19	0
Nbmax Ti csf >19	0
Seuil léthal	
Nb Ti ≥25	0
Nb sq Ti ≥25	0
Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



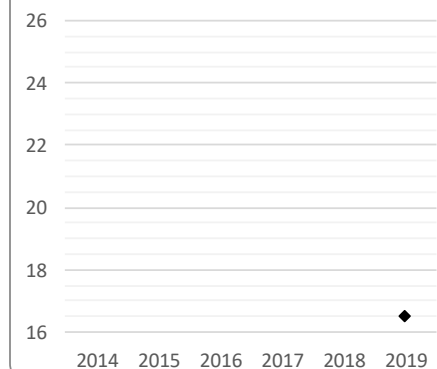
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: POTENTIELLEMENT FAVORABLE

Implantée en avril 2019 la sonde met en évidence l'impact des retenues de Rochebut-Prat sur la thermie du Cher à l'aval. Ces ouvrages sont suffisamment profonds pour que la stratification thermique estivale des eaux s'opère. Concrètement les variations de température sont "tamponnées" et toutes les valeurs mesurées appartiennent à la plage de confort de la truite fario. L'inventaire piscicole mené en 2019 dans ce secteur n'a pourtant pas permis la capture de cette espèce. Une qualité physico-chimique insuffisante des eaux (oxygénation parfois insuffisante, eutrophisation, micropolluants) ainsi qu'une perte de fonctionnalité du Cher (déficit sédimentaire) sont les principales raisons pouvant expliquer ce constat.

Evolution de la Tm30j max (°C)



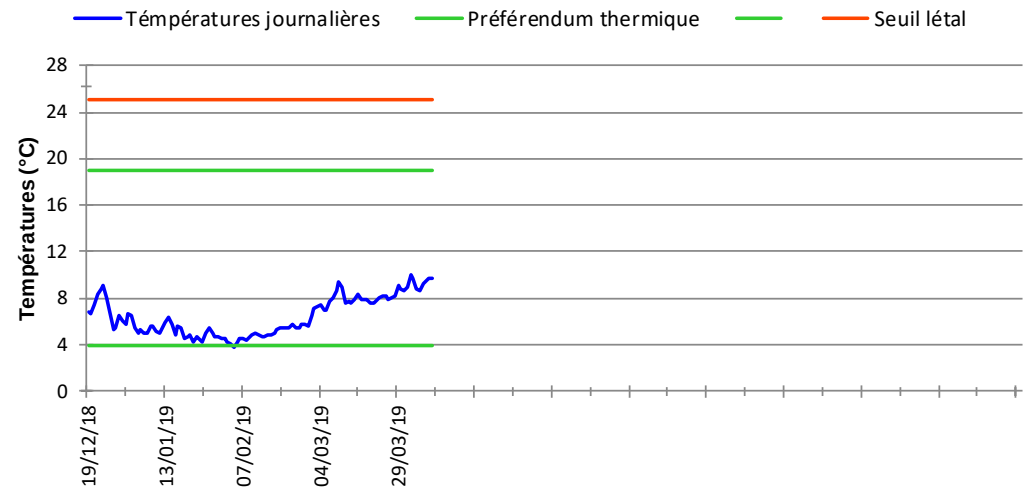
Station 12: le Cher à Lavault-Sainte-Anne



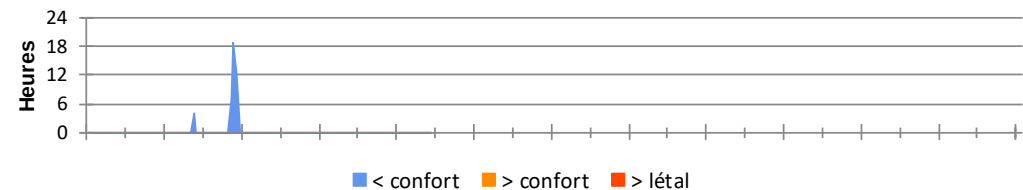
Période analysée : du 19/12/2018
au 09/04/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	3,578
	Ti max	11,041
	AT i	7,463
	Ajmax Ti	2,769
	D Ajmax Ti	29/03/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	3,84
	Tmj max	10,01
	AT mj	6,17
	D Tmj max	02/04/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	6,45
	Tm30j max	
	Dd Tm30j max	
	Df Tm30j max	
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	111
	%j Tmj 4-19	99,11
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	0,89
	Dd Tmj <4	04/02/2019
	Df Tmj <4	04/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	0
	Nb Ti >19	0
Seuil léthal	Nb sq Ti >19	0
	Nbmax Ti csf >19	0
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



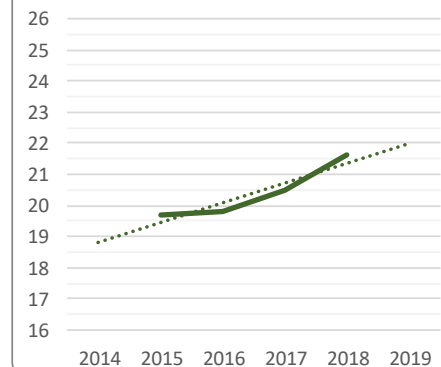
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: s/o

Les résultats antérieurs et le contexte local nous ont incité à déplacer cette sonde de mesure plus à l'amont (station 36), de manière à mieux caractériser l'influence du complexe hydroélectrique de Rochebut-Prat sur la thermie du Cher. Globalement, seules les données relatives au premier trimestre 2019 ont donc été collectées au droit de cette station et on retiendra simplement que c'est au droit de cette station que sont mesurées les températures hivernales les moins contraignantes pour les populations salmonicoles (Ti min voisine de la limite basse du seuil de confort de la truite fario).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 18: la Tartasse à Marcillat-en-Combraille



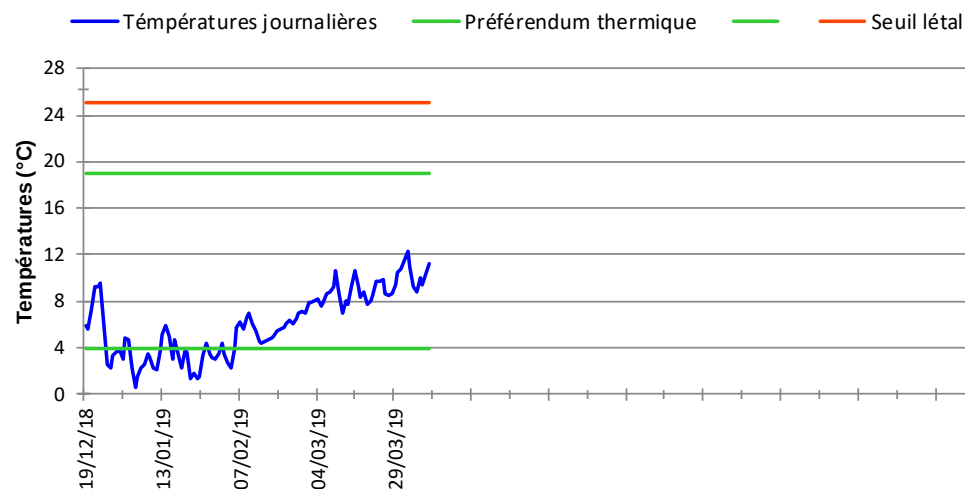
Période analysée : du 19/12/2018
au 09/04/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	0,121
	Ti max	15,378
	AT i	15,257
	Ajmax Ti	8,119
	D Ajmax Ti	31/03/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	0,59
	Tmj max	12,35
	AT mj	11,76
	D Tmj max	02/04/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	6,13
	Tm30j max	
	Dd Tm30j max	
	Df Tm30j max	

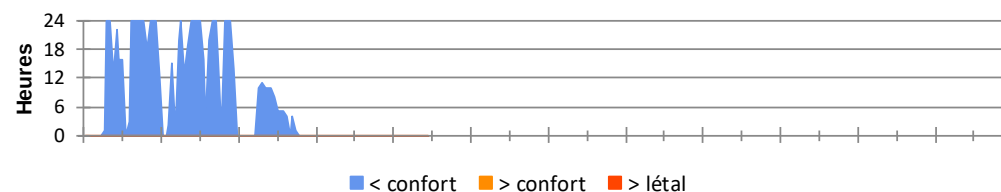
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	78
	%j Tmj 4-19	69,64
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	30,36
	Dd Tmj <4	26/12/2018
	Df Tmj <4	05/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	0
	Nb Ti >19	0
	Nb sq Ti >19	0
	Nbmax Ti csf >19	0
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Un dysfonctionnement matériel (infiltration d'eau) a entraîné la perte d'une partie des données. L'assec estival subi au droit de la sonde de mesure par la Tartasse en 2019 n'aurait de toute manière pas permis d'évaluer la fonctionnalité de son régime thermique vis à vis de l'espèce repère des cours d'eau classés en première catégorie piscicole. L'inventaire par pêche électrique réalisé en 2019 dans ce secteur a mis en évidence la survie d'une très faible population de truite fario.

Températures journalières

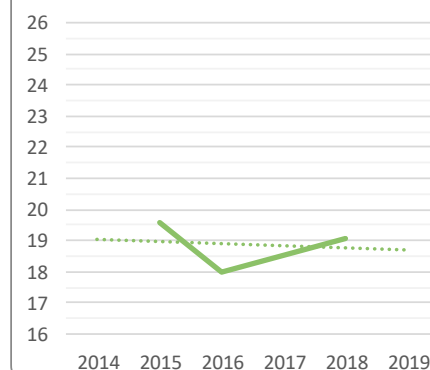


Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INDETERMINEE

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 15: l'Œil à Malicorne

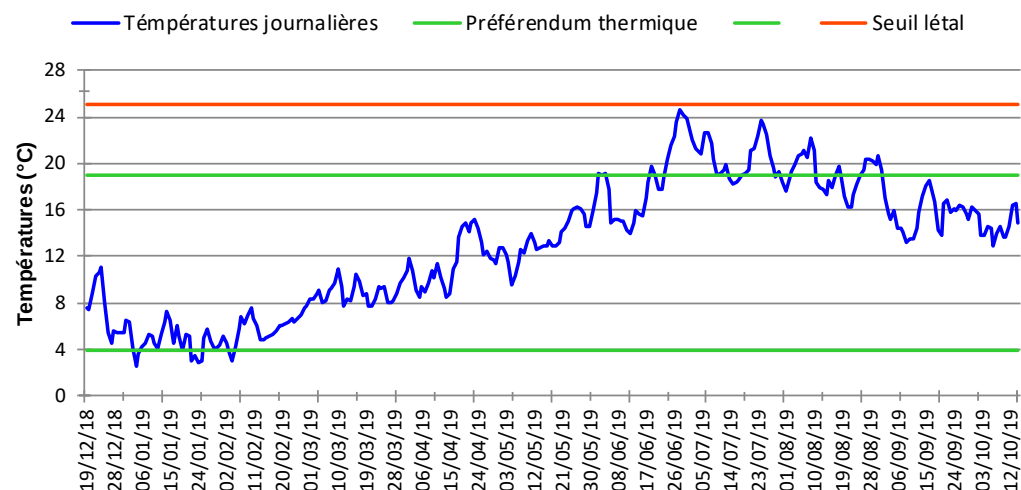


Période analysée : du 19/12/2018
au 15/10/2019

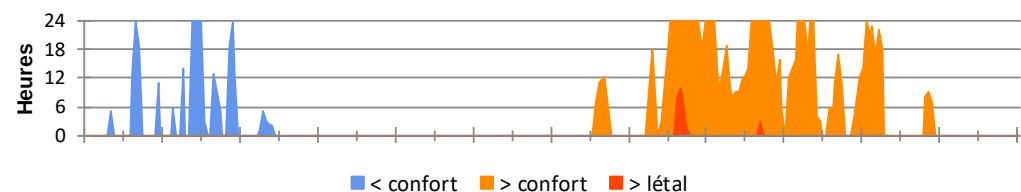
T°C instantanées	
Ti min	1,764
Ti max	26,39
AT i	24,626
Ajmax Ti	5,591
D Ajmax Ti	06/05/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	2,56
Tmj max	24,61
AT mj	22,05
D Tmj max	28/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	13,01
Tm30j max	21,15
Dd Tm30j max	27/06/2019
Df Tm30j max	26/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	240
%j Tmj 4-19	79,73
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	2,99
Dd Tmj <4	04/01/2019
Df Tmj <4	04/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	17,28
Nb Ti >19	1246
Nb sq Ti >19	49
Nbmax Ti csf >19	260
Seuil létal	
Nb Ti ≥25	31
Nb sq Ti ≥25	5
Nbmax Ti csf ≥25	10

Températures journalières



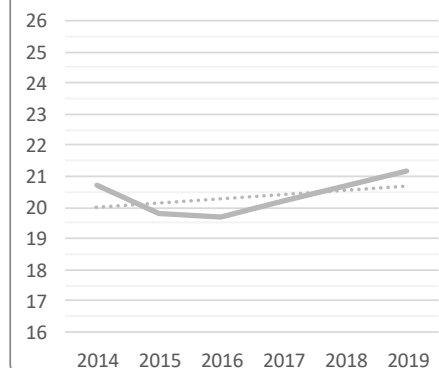
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INCOMPATIBLE

Les températures maximales instantanées dépassent nettement (+1,4°C) le seuil létal de l'espèce et les températures moyennes journalières maximales l'avoisinent (-0,4°C). Plus de vingt pourcent des valeurs se situent en dehors de la plage de confort de l'espèce, essentiellement en période estivale, avec des séquences maximales de dépassement atteignant près de onze jours consécutifs. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de plus de deux degrés la plage de confort de l'espèce. Dans une tendance globale de légère augmentation des températures sur la période 2014-2019, l'évolution interannuelle de la Tm30j max montre depuis 2016 une élévation régulière et significative des températures (+1,5°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



Station 17: l'Aumance à Meaulne

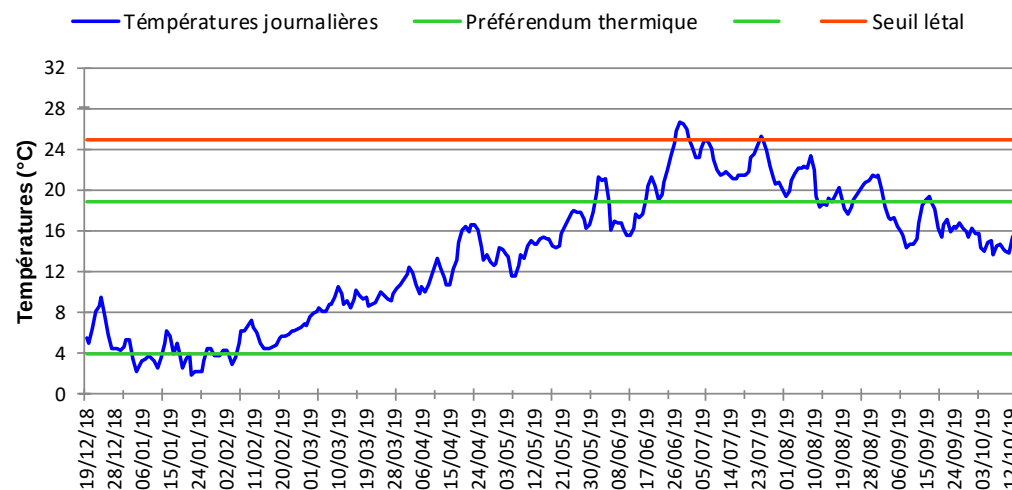


Période analysée : du 19/12/2018
au 15/10/2019

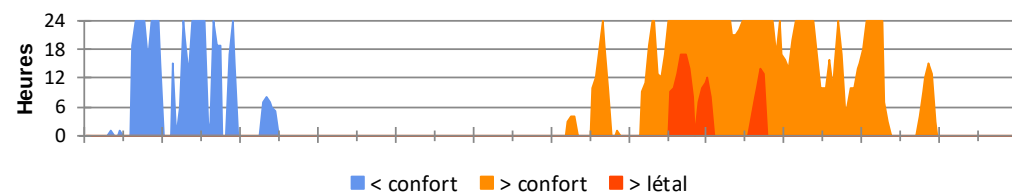
T°C instantanées	
Ti min	1,439
Ti max	29,652
AT i	28,213
Ajmax Ti	6,297
D Ajmax Ti	26/06/2019
T°C moy. journalières	
Tmj min	1,88
Tmj max	26,79
AT mj	24,91
D Tmj max	28/06/2019
T°C sur la période	
Tmp	13,83
Tm30j max	23,54
Dd Tm30j max	26/06/2019
Df Tm30j max	25/07/2019

Plage de confort	
Nbj Tmj 4-19	201
%j Tmj 4-19	66,78
T°C < à la plage de confort	
%j Tmj <4	7,97
Dd Tmj <4	03/01/2019
Df Tmj <4	05/02/2019
T°C > à la plage de confort	
%j Tmj >19	25,25
Nb Ti >19	1759
Nb sq Ti >19	45
Nbmax Ti csf >19	525
Seuil léthal	
Nb Ti ≥25	202
Nb sq Ti ≥25	18
Nbmax Ti csf ≥25	18

Températures journalières



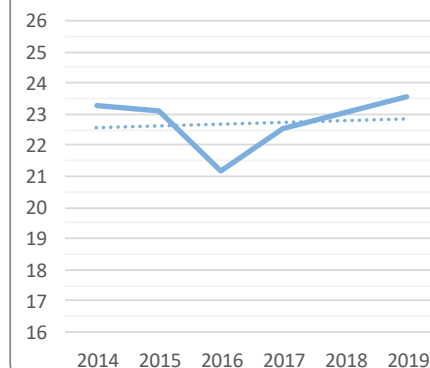
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INCOMPATIBLE

À l'exception de la Tm30j max, toutes les valeurs caractéristiques de températures estivales (Ti max, Tmj max) dépassent largement le seuil léthal de l'espèce (jusqu'à 4,7°C). Un tiers du temps, les températures se situent en dehors de sa plage de confort thermique, notamment en période estivale où durant trois semaines consécutives la température n'est jamais descendue sous le seuil de 19°C. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) n'est pas conforme aux exigences de l'espèce et l'évolution interannuelle de cette valeur caractéristique montre, dans une tendance globale de stabilité sur la période 2014-2019, un accroissement régulier et important des températures (+2,4°C) depuis 2016.

Evolution de la Tm30j max (°C)



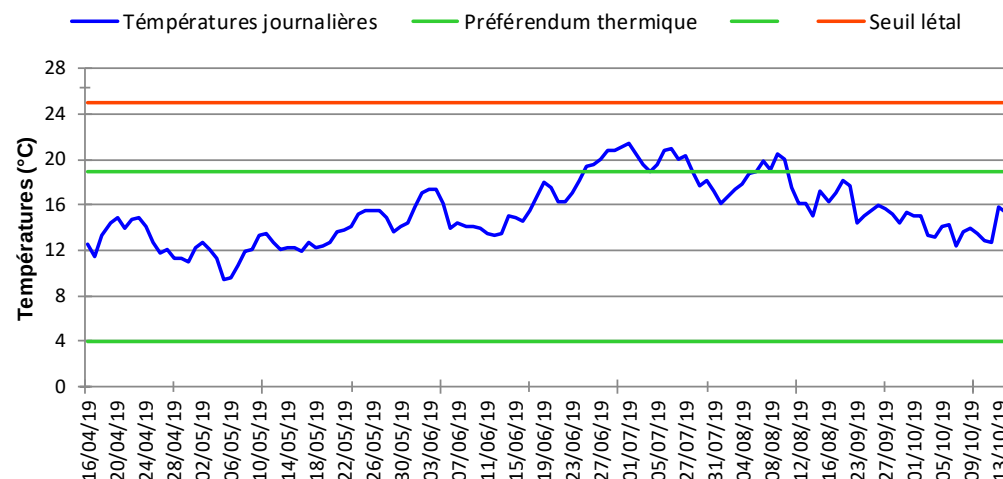
Station 20: la Magieure à Vaux



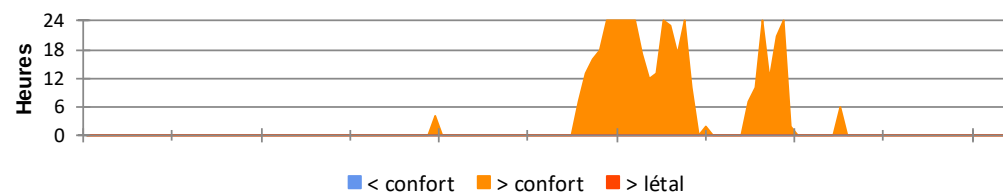
Période analysée : du 16/04/2019
au 15/10/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	7,179
	Ti max	22,717
	AT i	15,538
	Ajmax Ti	6,231
	D Ajmax Ti	17/04/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	9,5
	Tmj max	21,4
	AT mj	11,9
	D Tmj max	01/07/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	15,37
	Tm30j max	
	Dd Tm30j max	
	Df Tm30j max	
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	112
	%j Tmj 4-19	85,5
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	0
	Dd Tmj <4	
	Df Tmj <4	
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	13,74
	Nb Ti >19	426
	Nb sq Ti >19	17
	Nbmax Ti csf >19	138
	Seuil léthal	
	Nb Ti ≥25	0
	Nb sq Ti ≥25	0
	Nbmax Ti csf ≥25	0

Températures journalières



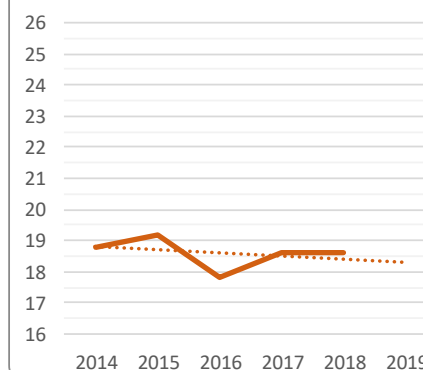
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INDETERMINEE

Deux périodes estivales d'exondation de la sonde de mesure rendent impossible l'évaluation, pour l'année 2019, de la fonctionnalité du régime thermique de la Magieure vis à vis de la truite fario. Les derniers inventaires par pêche électrique menés en 2017 et 2019 au droit du Moulin Gargot (env. 9km à l'amont de la station de suivi thermique) concluaient à l'absence de cette espèce au sein du peuplement piscicole.

Evolution de la Tm30j max (°C)



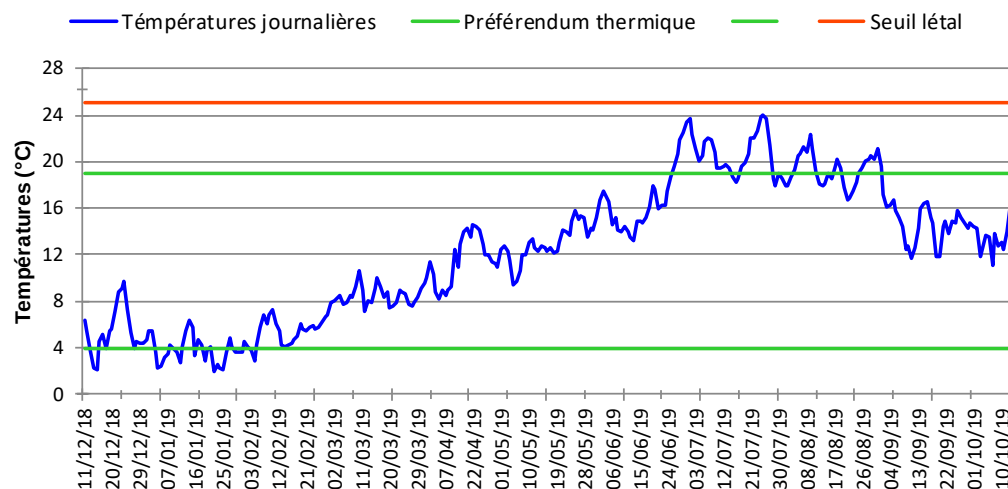
Station 22: l'Arnon à Viplaix



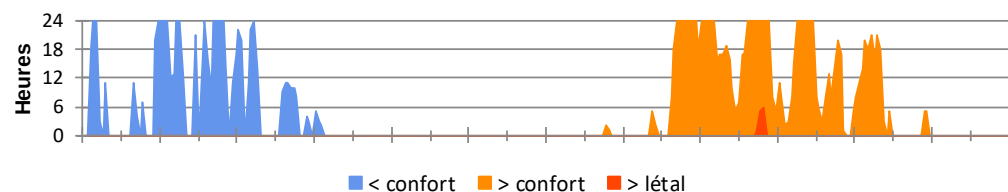
Période analysée : du 11/12/2018
au 15/10/2019

Variables thermiques générales	T°C instantanées	
	Ti min	1,112
	Ti max	26,097
	AT i	24,985
	Ajmax Ti	8,183
	D Ajmax Ti	20/09/2019
	T°C moy. journalières	
	Tmj min	1,9
	Tmj max	23,99
	AT mj	22,09
	D Tmj max	25/07/2019
	T°C sur la période	
	Tmp	12,25
	Tm30j max	21,16
Préférendum thermique TRF	Plage de confort	
	Nbj Tmj 4-19	230
	%j Tmj 4-19	75,91
	T°C < à la plage de confort	
	%j Tmj <4	7,59
	Dd Tmj <4	13/12/2018
	Df Tmj <4	04/02/2019
	T°C > à la plage de confort	
	%j Tmj >19	15,51
	Nb Ti >19	1147
	Nb sq Ti >19	44
	Nbmax Ti csf >19	204
	Seuil létal	
	Nb Ti ≥25	12
	Nb sq Ti ≥25	3
	Nbmax Ti csf ≥25	6

Températures journalières



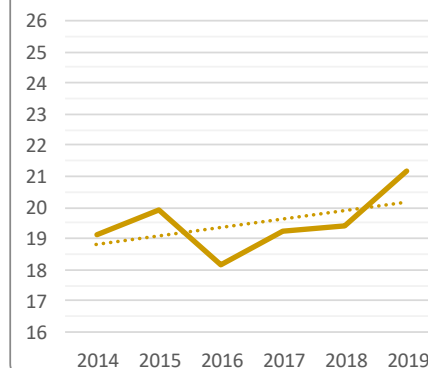
Nombre d'heures journalières hors plages de confort



EVALUATION: INCOMPATIBLE

Les températures maximales instantanées dépassent de plus d'un degré le seuil létal de l'espèce et les températures moyennes journalières maximales l'avoisinent (-1°C). Près d'un quart des valeurs se situent en dehors de sa plage de confort, dont 15% en période estivale avec des séquences de dépassement pouvant dépasser huit jours consécutifs. La température moyenne maximale des 30 jours les plus chauds (Tm30j max) dépasse de plus de deux degrés ce préférendum thermique. L'évolution interannuelle de la Tm30j max montre depuis 2016 une augmentation régulière et importante des températures (+3,0°C).

Evolution de la Tm30j max (°C)



4 Synthèse

4.1 Thermie générale

Le graphique suivant représente le régime thermique de chacune des stations du suivi 2018/2019 sur lesquelles un nombre significatif de données a pu être acquis :

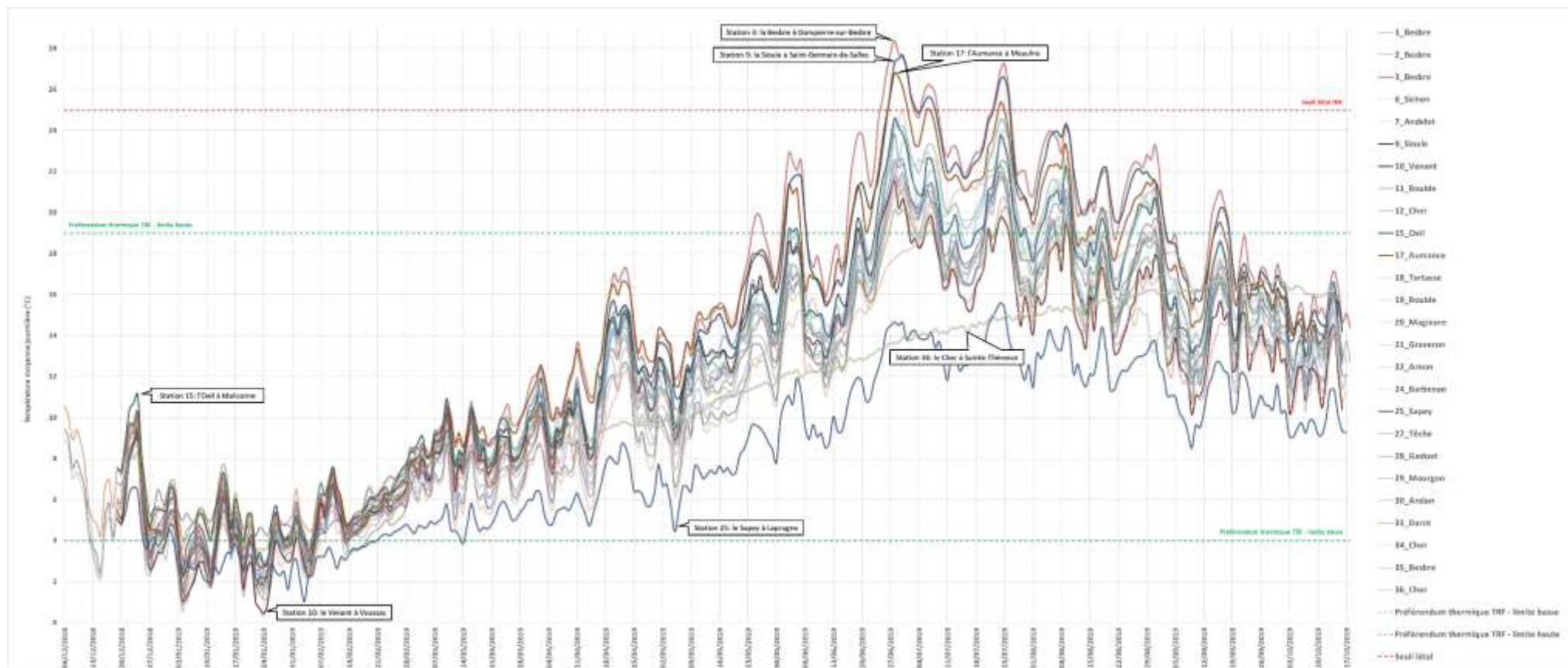


Figure 8 : Comparaison des températures moyennes journalières des différentes stations suivies en 2018/2019

Pour une meilleure lisibilité, les pages suivantes présentent les données en les dissociant suivant les grands bassins-versants auxquelles elles se réfèrent.

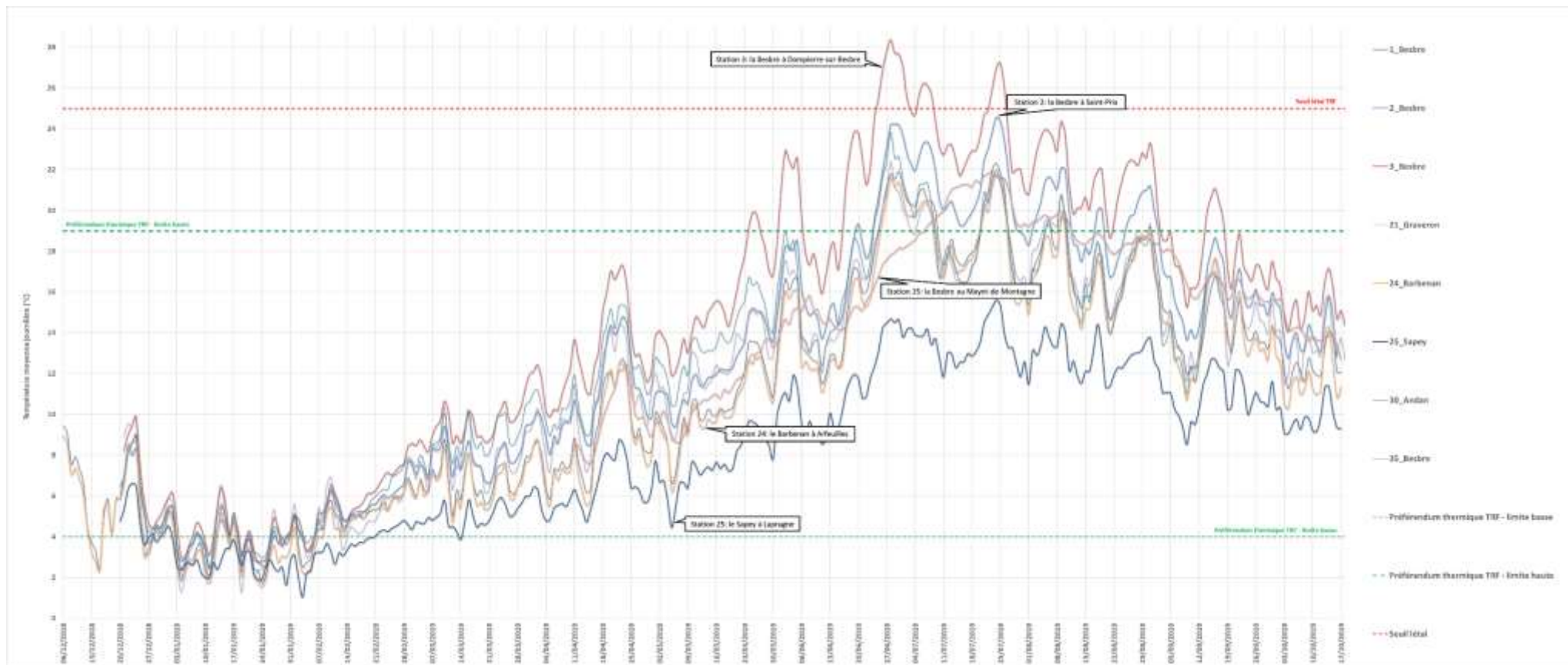


Figure 9 : Comparaison des températures moyennes journalières des différentes stations du bassin-versant de la Loire suivies en 2018/2019

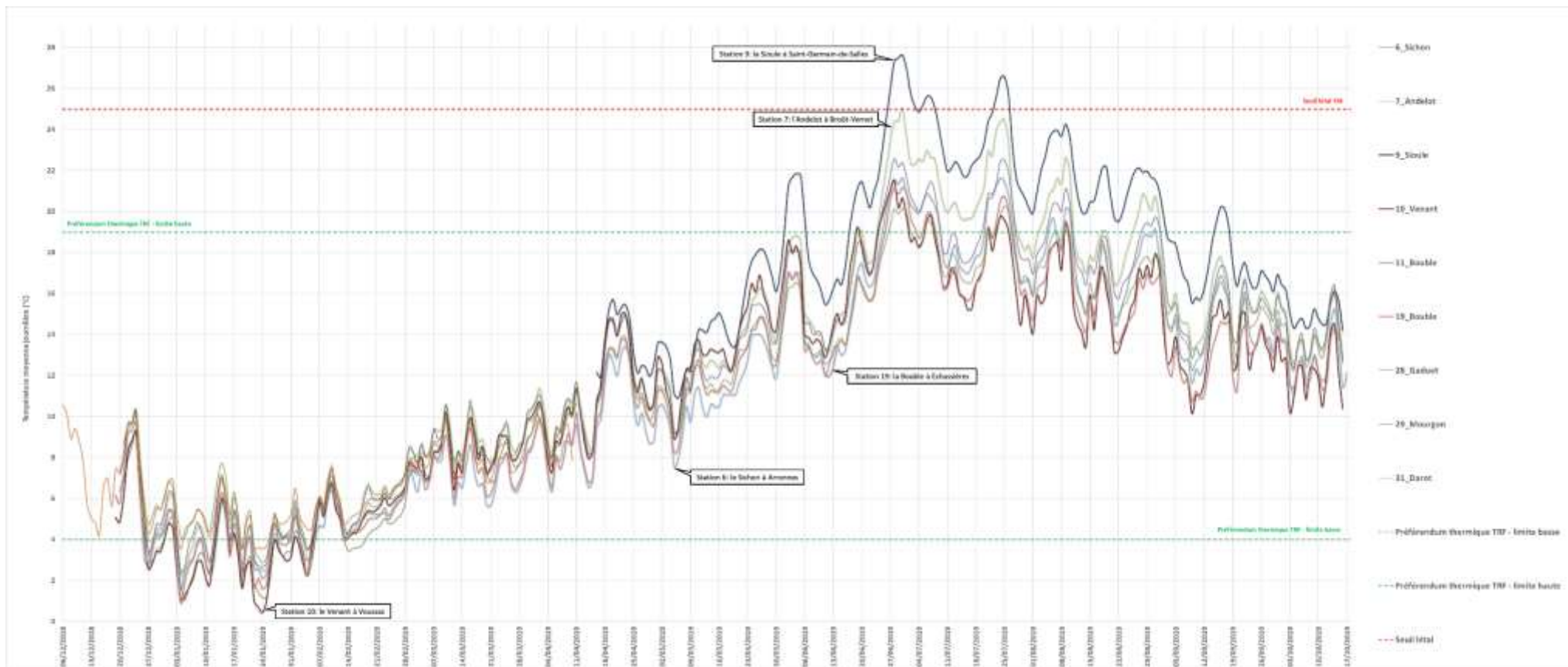


Figure 10 : Comparaison des températures moyennes journalières des différentes stations du bassin-versant de l'Allier suivies en 2018/2019

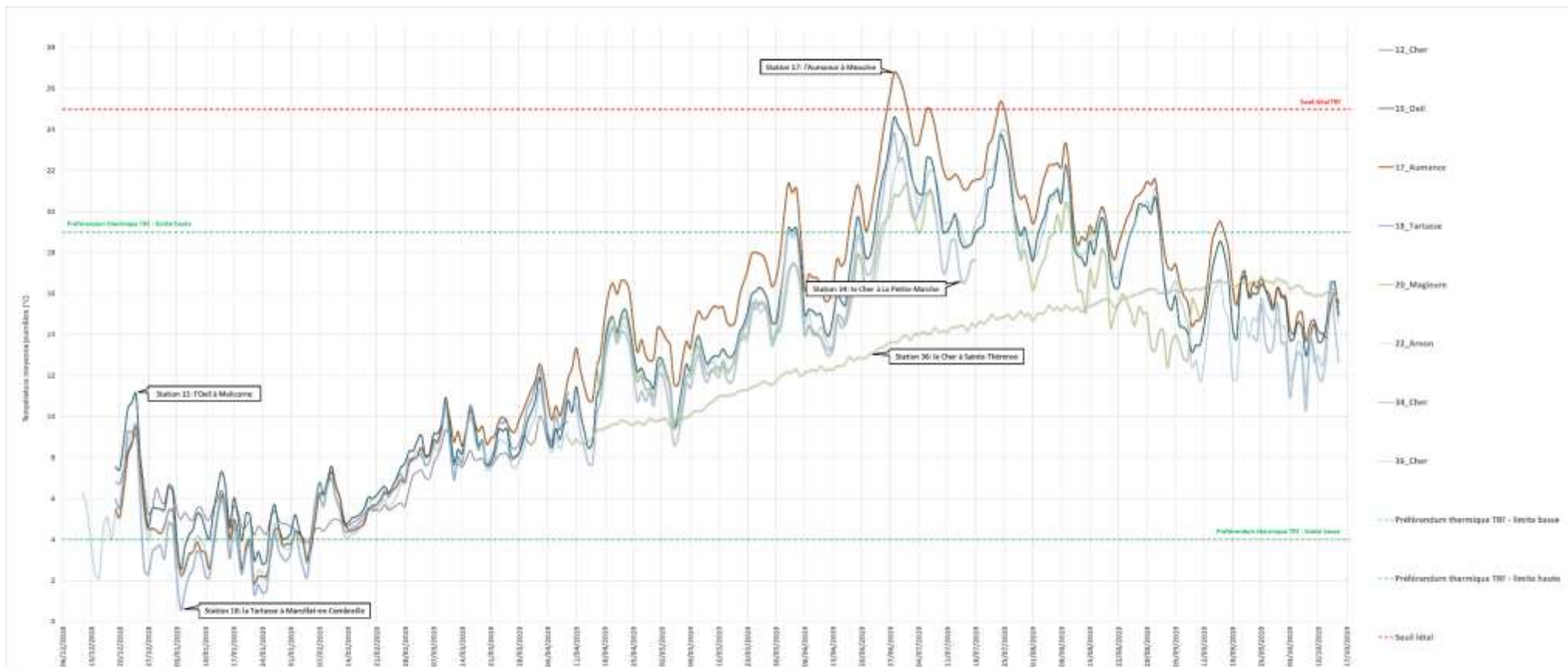


Figure 11 : Comparaison des températures moyennes journalières des différentes stations du bassin-versant du Cher suivies en 2018/2019

Si on exclut de l'analyse les stations atypiques telles que le Sapey à Laprugne ou le Cher à l'aval immédiat du complexe de Rochebut/Prat, la comparaison de l'évolution des courbes de températures moyennes journalières sur l'ensemble des stations suivies permet de constater que la thermie des cours d'eau suit globalement, jusqu'à la fin de l'hiver, la même tendance. L'hiver apparaît plutôt doux pour l'ensemble des stations (température saisonnière médiane égale à 5,6°C), à l'exception du mois de janvier durant lequel une majorité de températures moyennes journalières minimales sont comprises entre 1°C et 3°C. Le Cher à Lavault-Sainte-Anne, le Darot à Mariol et le Gaduet à Bransat sont les stations au droit desquelles les températures hivernales sont les plus conformes au preferendum de la truite fario.

Dès le début du printemps et jusqu'à la fin de l'été, les températures moyennes des cours d'eau du département se différencient plus clairement. Un premier pic de chaleur précoce et très important est observé dès la fin du mois de juin, suivi d'un second à la fin du mois de juillet, en lien direct avec les épisodes caniculaires relevés par Météo France à ces périodes. Durant ces pics de chaleur :

- La Besbre à Dompierre-sur-Besbre, la Sioule à Saint-Germain-de-Salles et l'Aumance à Meaulne sont les trois stations dont les températures moyennes journalières franchissent nettement le seuil légal pour la truite fario, avec un maximum de 28,4°C atteint le 28 juin 2019 sur la Besbre (26,8°C le même jour sur l'Aumance et 27,6°C le 30 juin sur la Sioule) ;
- Seules deux stations voient leurs températures moyennes journalières se maintenir sous le seuil des 19°C : le Cher à Sainte-Thérance, dont la température des eaux est fortement influencée par la stratification thermique s'opérant à l'amont dans les retenues de Rochebut et de Prat, et le Sapey à Laprugne, qui profite de sa situation en tête de bassin-versant (station du suivi la plus en altitude, 1000 m) et de la régulation de son alimentation en eau par les zones de tourbières situées plus en amont sur le bassin-versant.

Au-delà des considérations liées à l'intensité des valeurs, c'est également la précocité et la durée de l'épisode qui retient l'attention lors de cette période de suivi. Ainsi, des températures moyennes journalières dépassent le preferendum thermique de la truite fario dès la fin du mois de mai (19,1°C le 24 mai 2019 sur la Besbre à Dompierre-sur-Besbre), et à la fin du mois de juin, près de neuf stations sur dix sont dans cette situation. Des dépassements du preferendum thermique de l'espèce sont observés jusqu'à la mi-septembre sur les stations du Cher, de la Sioule et de l'Aumance précédemment citées.

Ces constats corroborent le bilan météorologique de Météo France, qui met principalement en évidence 1/ des températures en moyenne plus élevées que la normale (excepté en janvier et en mai), 2/ deux épisodes de canicule à la fin du mois de juin et à la fin du mois de juillet, et 3/ une température moyenne annuelle de 13,7°C ayant dépassé de 1,1°C la moyenne de référence (1981-2010), plaçant l'année 2019 au 3e rang des années les plus chaudes depuis le début du XXe siècle, derrière 2018 (+1,4°C) et 2014 (+1,2°C).

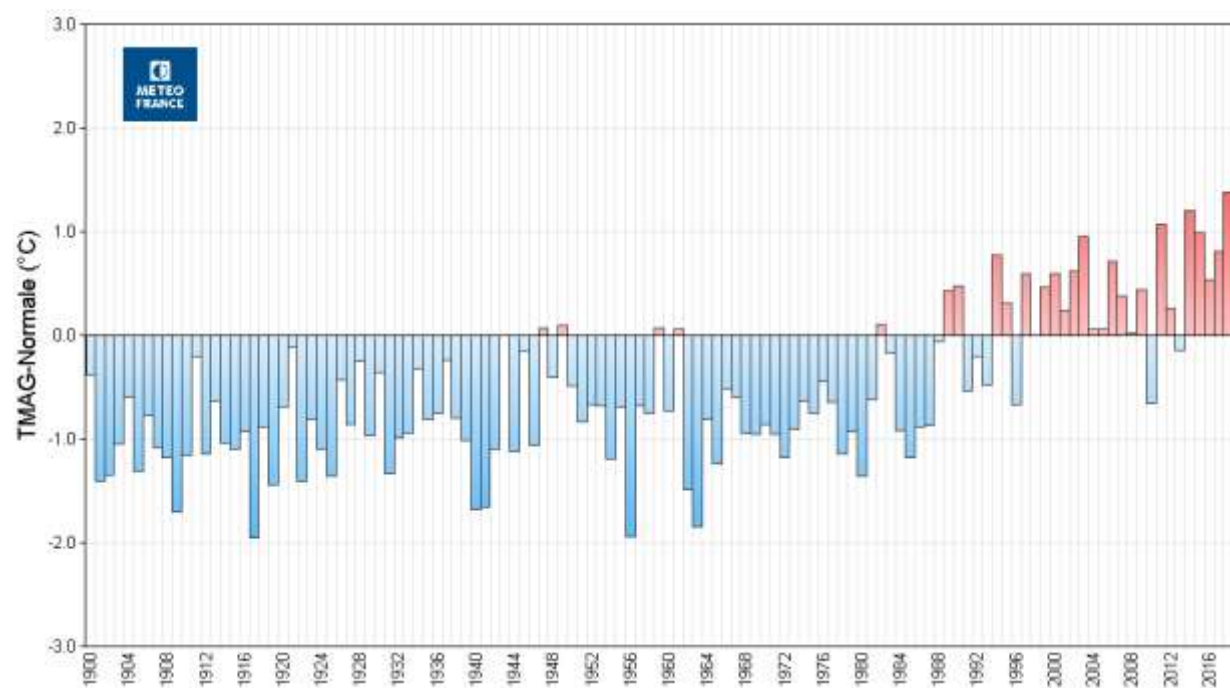


Figure 12 : Ecart à la normale 1981-2010 des températures moyennes de 1900 à 2019 (source : Météo France)

Un hiver 2018/2019 marqué par la douceur

Malgré un mois de janvier conforme à la saison, l'hiver 2018-2019 se classe parmi les dix hivers les plus doux depuis le début du XX^e siècle. En décembre et en février, la température a été en moyenne plus de 2°C au-dessus de la normale (moyenne de référence 1981-2010). Malgré quelques périodes très fraîches notamment en janvier, la France n'a pas connu de réel pic de froid durant cet hiver. Par ailleurs, la saison s'est achevée avec des températures maximales exceptionnellement élevées à partir de mi-février, en moyenne 5 à 10°C au-dessus de la normale. La température saisonnière moyenne de 6,7 °C sur la France a été supérieure à la normale de 1,3°C.

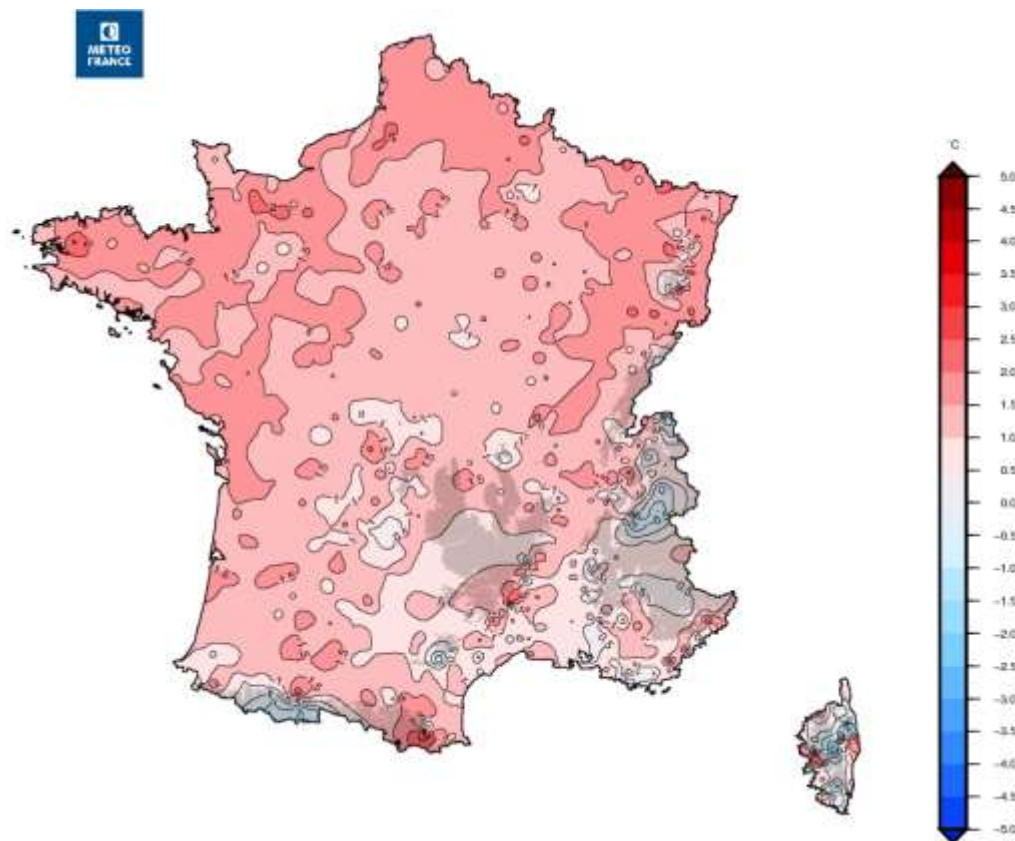


Figure 13 : Ecart à la moyenne saisonnière de référence 1981-2010 de la température moyenne de l'hiver 2018/2019 (source : Météo France)

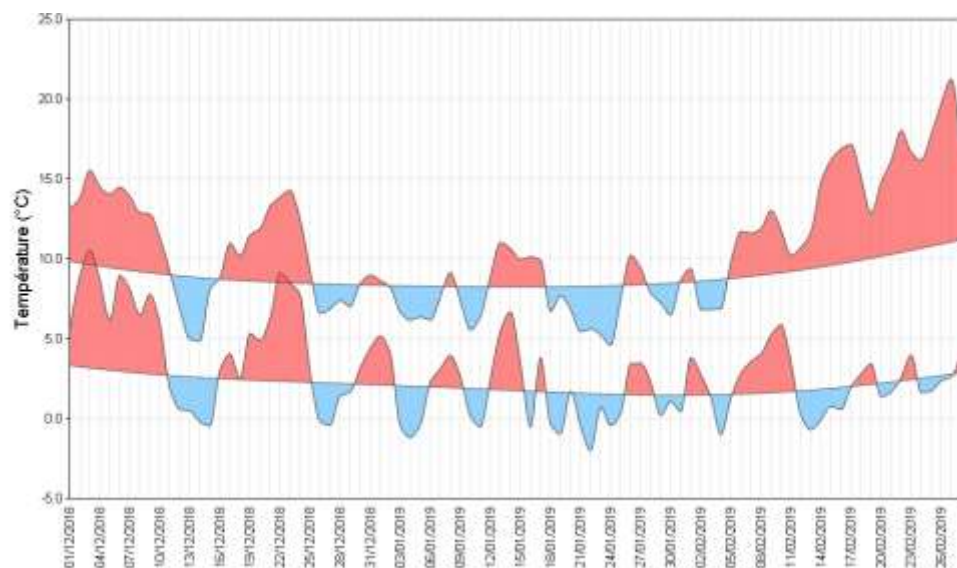


Figure 14 : Evolution des températures minimales et maximales quotidiennes de l'hiver 2018/2019 par rapport à la normale (source : Météo France)

L'été 2019 : le troisième le plus chaud depuis 1900

Hormis une période de fraîcheur assez marquée durant la première quinzaine de juin et quelques refroidissements ponctuels au mois d'août, les températures sont le plus souvent restées supérieures aux normales. Le Nord-Est du Massif central a été sévèrement touché par des températures en moyenne souvent plus de 2°C supérieures à la normale.

L'été 2019 a été marqué par deux vagues de chaleur qui ont concerné l'ensemble du pays. Elles ont été assez courtes (6 jours) mais exceptionnelles par leur intensité. Ainsi, du 25 au 30 juin, la canicule a été remarquablement précoce et elle a vu le nouveau record absolu s'établir en France métropolitaine (46°C en Occitanie). Puis, du 21 au 26 juillet, la température a souvent dépassé 40°C dans l'Allier et le 25 juillet a été la journée la plus chaude jamais enregistrée en France (ex æquo avec le 5 août 2003), avec une température moyenne sur le pays de 29,4°C.

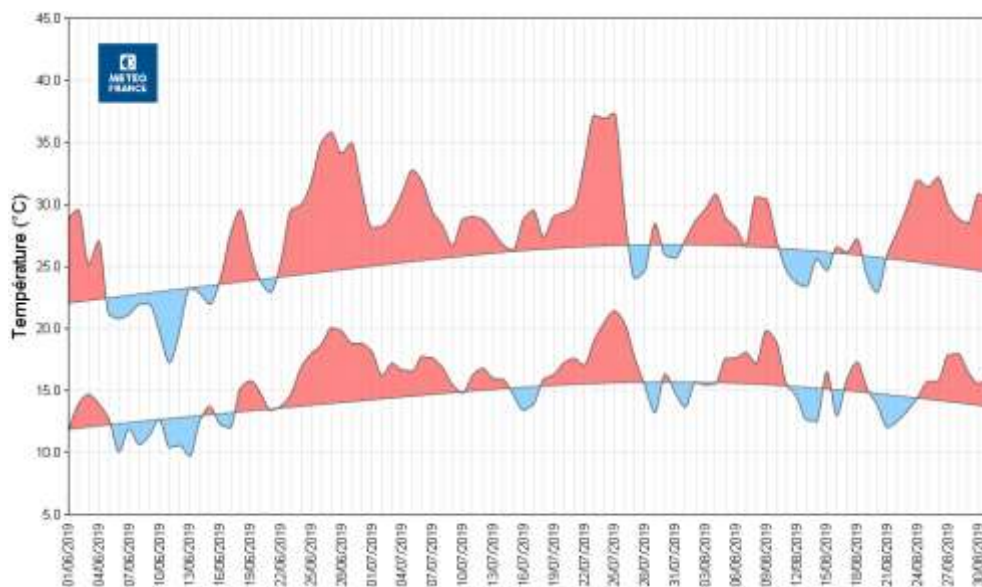


Figure 16 : Evolution des températures minimales et maximales quotidiennes de l'été 2019 par rapport à la normale (source : Météo France)

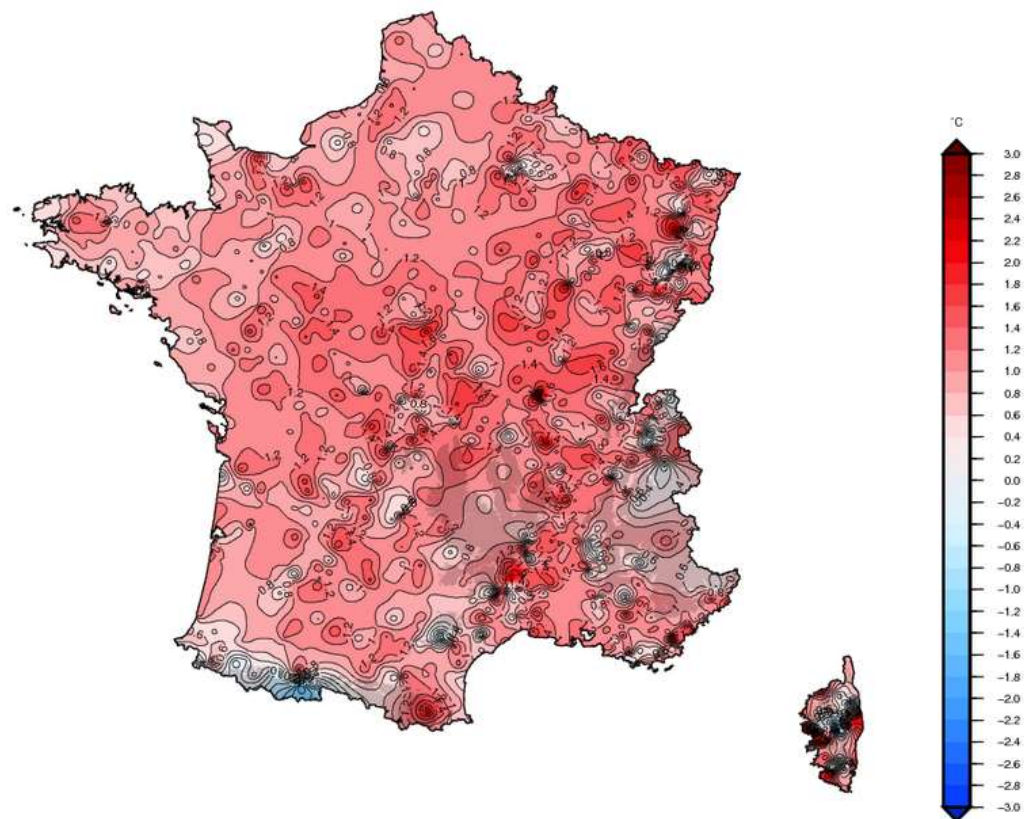


Figure 15 : Ecart à la moyenne annuelle de référence 1981-2010 de la température moyenne 2019 (source : Météo France)

4.2 Température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds

Comme rappelé au paragraphe 2.2.2, la température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds de l'année (Tm30j max) constitue une grandeur caractéristique largement reconnue par la communauté scientifique comme influençant la nature et la diversité des peuplements piscicoles, et notamment la dynamique des populations de truite fario. Elle est notamment utilisée pour le calcul des variables du Niveau Typologique Théorique (NTT, Verneaux, 1973) et la FDPPMA 03 l'utilise également comme aide à l'interprétation des données du Réseau de Suivi des Peuplements Piscicole (RSPP). Pour chaque station du RST, les tableaux et la figure suivant analysent les conditions de développement de la population de truite fario selon cette caractéristique des régimes thermiques des cours d'eau.

BASSIN-VERSANT	Station n°	Cours d'eau	Commune	Tm30j max 2019
LOIRE	1	Besbre	Saint-Clément	19,91
	2	Besbre	Saint-Prix	22,1
	3	Besbre	Dompierre-sur-Besbre	24,97
	21	Graveron	Sorbier	19,15
	24	Barbenan	Arfeuilles	-
	25	Sapey	Laprugne	13,79
	27	Têche	Trézelles	-
	30	Andan	Saint-Prix	19,83
	35	Besbre	Le Mayet-de-Montagne	20,57
ALLIER	6	Sichon	Arronnes	19,65
	7	Andelot	Broût-Vernet	22,15
	9	Sioule	Saint-Germain-de-Salles	24,53
	10	Venant	Voussac	18,36
	11	Bouble	Chantelle	-
	19	Bouble	Echassières	18,6
	28	Gaduet	Bransat	18,53
	29	Mourgon	Creuzier-le-Neuf	20,19
	31	Darot	Mariol	-
CHER	15	Œil	Malicorne	21,15
	17	Aumance	Meaulne	23,54
	18	Tartasse	Marcillat-en-Combraille	-
	20	Magieure	Vaux	-
	22	Arnon	Viplaix	21,16
	34	Cher	La Petite-Marche	-
	36	Cher	Sainte-Thérènce	16,48

Tm30j max	Conditions de développement de la population de truite fario
> 19°C	Très défavorable
18,5 – 19°C ²	Défavorable
18 – 18,5°C	Faiblement défavorable
17,5 – 18°C	Moyennement favorable
17 – 17,5°C	Assez favorable
16,5 – 17°C	Favorable
< 16,5°C	Très favorable

Tableau 3 : Evaluation des conditions de développement d'une population de truite fario selon la Tm30j max 2019

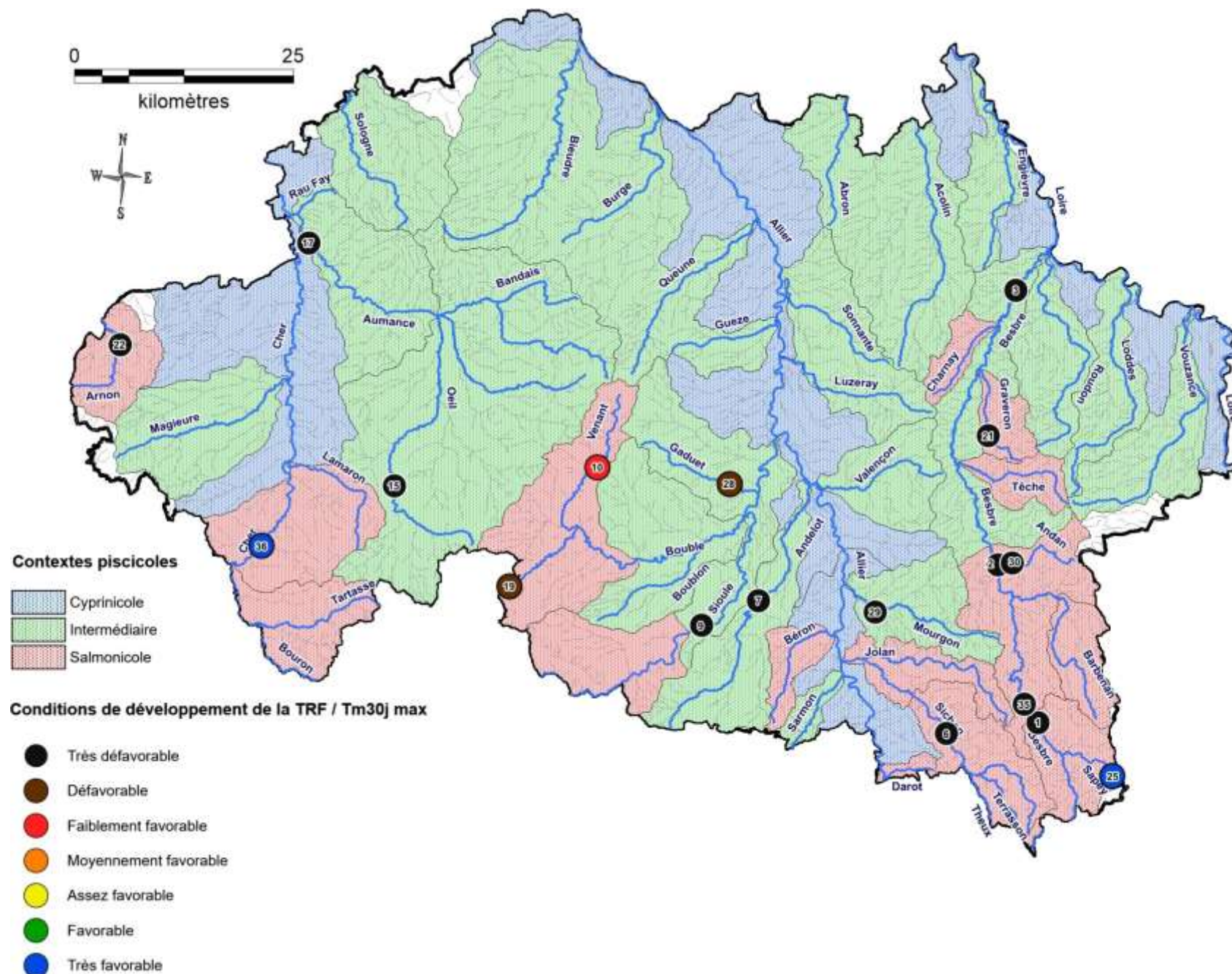


Figure 17 : Evaluation des conditions de développement d'une population de truite fario selon la Tm30j max 2019

L'année 2019 a été marquée par une saison estivale particulièrement chaude et par des déficits hydriques conséquents à l'échelle de tout le département (-30% à -50% selon les secteurs). La température moyenne estivale a été supérieure à la normale (moyenne de référence 1981-2010) de 1,7°C, plaçant 2019 au troisième rang des étés les plus chauds depuis 1900, derrière 2003 (+3,2°C) et 2018 (+2,0°C). Les dépassements de températures par rapport à la normale ont été encore plus importants localement, et notamment dans le Nord du Massif central (+2°C à +2,5°C).

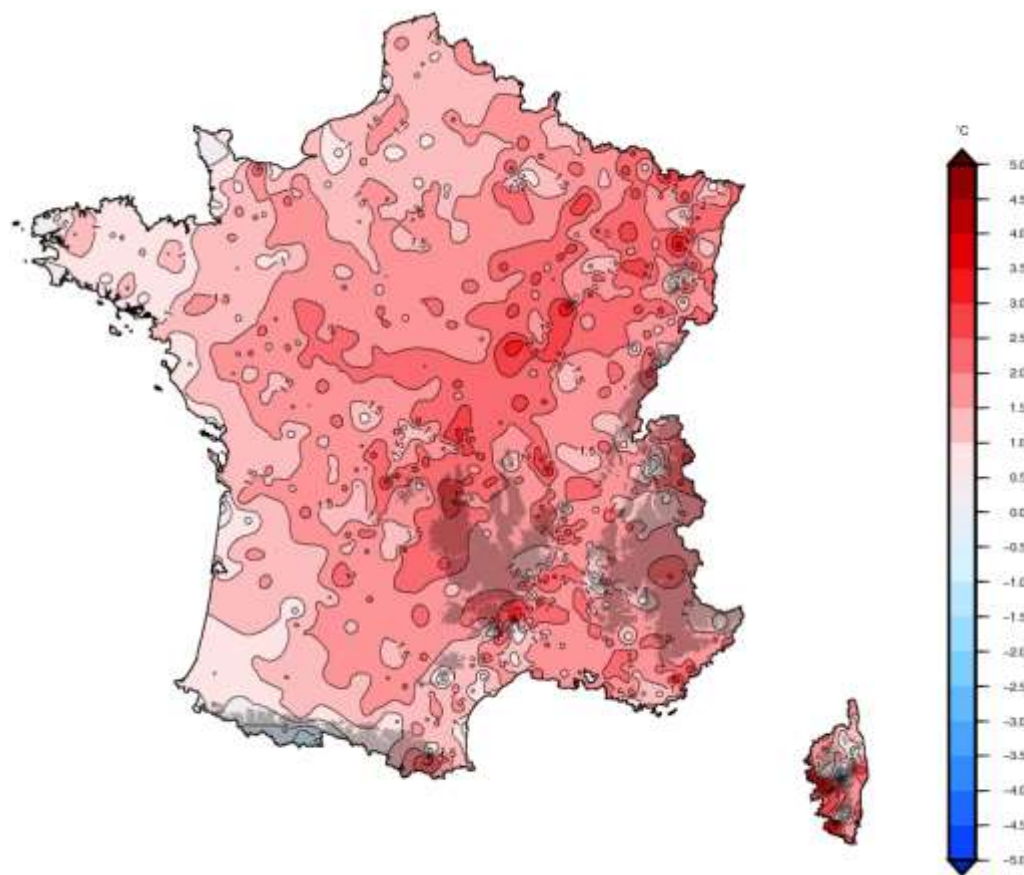


Figure 18 : Ecart à la moyenne estivale 1981-2010 de la température moyenne de l'été 2019
(source : Météo France)

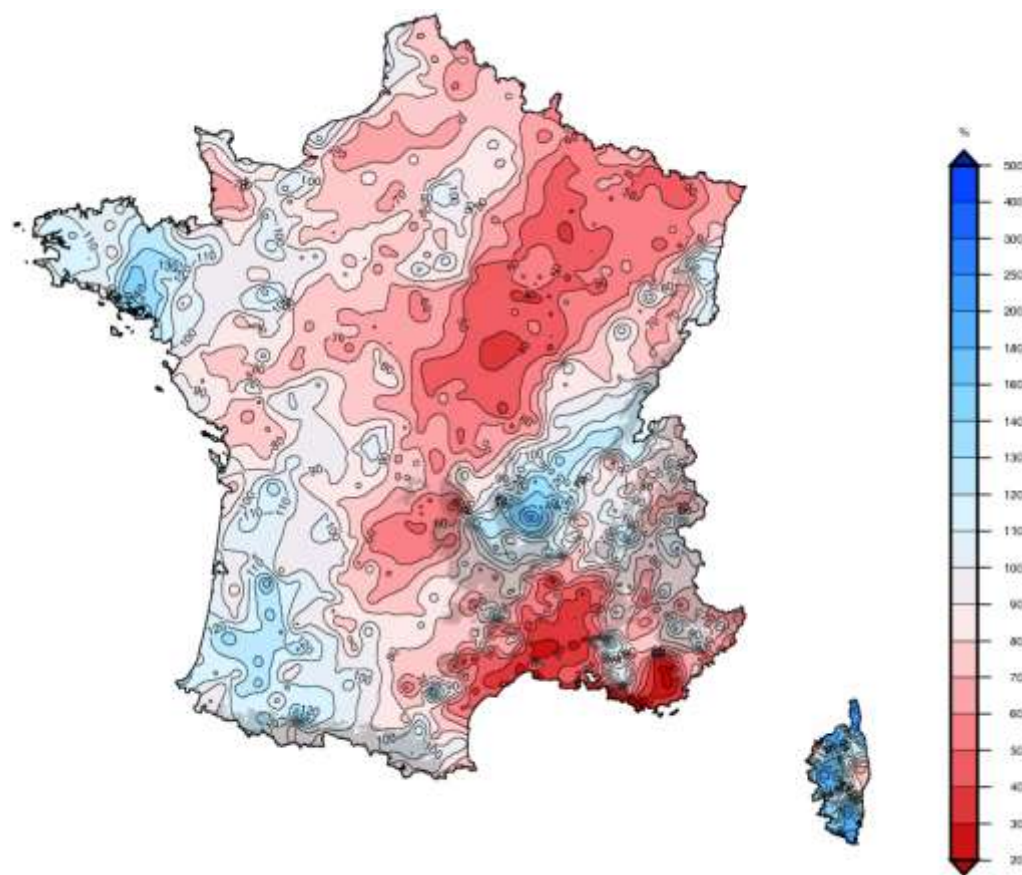


Figure 19 : Rapport à la moyenne estivale 1981-2010 des cumuls de précipitation de l'été 2019
(source : Météo France)

Au vu du bilan météorologique 2019, il est logique de constater qu'à l'exception du Venant à Voussac, toutes les stations du RST 03 présentent en 2019 une température moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds supérieure à leurs moyennes 2014-2018.

La Besbre à Dompierre-sur-Besbre (+3°C) et l'Andelot à Broût-Vernet (+4,2°C) sont les deux stations au droit desquelles cette augmentation est la plus importante. La plupart des autres stations du RST 03 subissent des augmentations de Tm30j max voisines de 2°C. Vis-à-vis de cette valeur caractéristique, et à l'exception du Sapey à Laprugne, toutes ces stations possèdent en 2019 un régime thermique jugé « très défavorable » au développement des populations de truite fario. Les autres stations du suivi présentent des augmentations plus contenues de la Tm30j max, comprises entre +0,3°C et +1,2°C. Le cas particulier de la Sioule, qui voit sa Tm30j max augmenter de plus d'un degré par rapport à 2018 (qui était déjà une année « record »), pour atteindre 24,5°C, est particulièrement préoccupant dans la mesure où ce cours d'eau représente un enjeu majeur pour la préservation du saumon atlantique de souche Loire-Allier.

Enfin il conviendra de confirmer dans la suite de ce suivi que les valeurs enregistrées sur le Venant à Voussac (-1°C de Tm30j max par rapport à la moyenne 2014-2018) est bien une exception et pas une anomalie liée à un mauvais fonctionnement de la sonde de mesure.

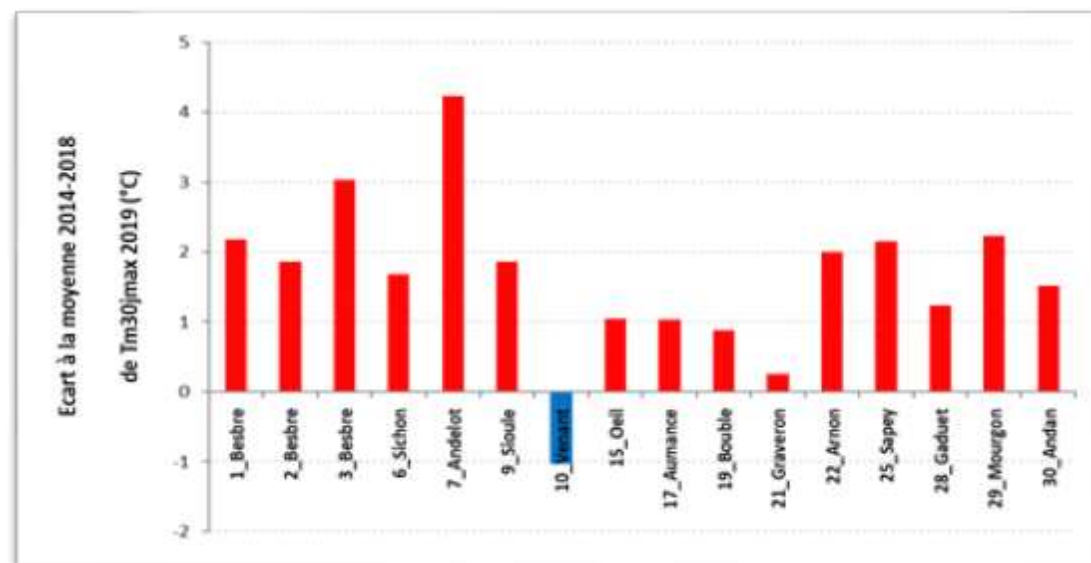


Figure 20 : Comparaison de la Tm30j max de l'année 2019 par rapport à la moyenne observée sur la période 2014-2018

5 Conclusion

D'une manière générale, les données acquises en 2019 traduisent l'impact des deux périodes de canicule estivale et de la sévérité de l'étiage sur le régime thermique des cours d'eau du territoire. Ainsi, la plupart d'entre eux (seul le Venant fait exception) ont vu leurs températures moyennes des 30 jours consécutifs les plus chauds augmenter par rapport aux dernières années du suivi, parfois dans des proportions très importantes, supérieures à 4°C. Bien que situées en majorité dans des contextes salmonicoles (10 des 18 stations pour lesquelles une Tm30j max a pu être calculée en 2019), ou dans des contextes « intermédiaires » accueillant historiquement des populations de truite fario (le Gaduet, la Sioule et le Mourgon), la plupart des stations possèdent un régime thermique jugé, en 2019 et vis-à-vis de la Tm30j max, « défavorable » ou « très défavorable » au développement de cette espèce. Seuls le Cher à Sainte-Thérance et le Sapey à Laprugne présentent un régime thermique 2019 « favorable ». Ces deux stations bénéficient, pour la première citée, de la stratification thermique des eaux des barrages de Rochebut et de Prat, et pour la seconde, de sa situation en tête de bassin-versant (1000 m d'altitude) et de la régulation de son alimentation en eau par les zones de tourbières situées plus en amont.

Ces conditions thermiques constituent un des facteurs expliquant la diminution des densités de population de truite fario globalement observée ces dernières années au droit des stations du RSPP 03. Le régime hydrologique des cours d'eau, et notamment l'absence de crue durant l'incubation des œufs ou lors de l'émergence et des premières semaines de vie des alevins, constitue un autre facteur majeur de régulation des peuplements salmonicoles mis en évidence lors du RSPP 03.

A l'image de ce qui a été observé lors des précédentes années du RST 03, les cours d'eau de la Montagne Bourbonnaise (Besbre, Sichon, Sapey) ou des Combrailles (Bouble), situés en tête de bassin-versant, sont les moins impactés du point de vue de la thermie. Au droit des stations suivies, les cours d'eau de ce secteur ne présentent un régime thermique réellement défavorable à l'espèce qu'en situations « exceptionnelles » (canicule, sécheresse), qui malheureusement tendent à se multiplier depuis deux décennies. En 2019, les températures maximales enregistrées au droit de ces stations demeuraient généralement inférieures de 0,5°C à 3,8°C au seuil léthal de la truite fario. En revanche, les températures hivernales peuvent s'avérer pénalisantes pour l'espèce en réduisant le taux de survie de ses stades « embryo-larvaire » et « alevin », les plus sensibles. Sur le reste du territoire, en bordure de la Montagne Bourbonnaise, sur tous les cours d'eau de la Sologne, du Bocage ou de la Limagne Bourbonnaise à l'exception du Gaduet, les températures instantanées maximales ont atteint ou dépassé parfois largement le seuil léthal de 25°C associé à la truite fario.

Outre le fait qu'elles soient utiles au calcul d'indices de qualité des peuplements piscicoles, les données acquises dans le cadre de ce suivi permettent de caractériser le régime thermique des cours d'eau, qui constitue un des paramètres abiotiques majeurs régissant notamment l'évolution des peuplements piscicoles en général, et en particulier celle des populations d'espèces sténothermes d'eau froide telles que la truite fario. Elles contribuent également à alimenter des études ponctuelles ou des documents de cadrage (p. ex. le PDPG de l'Allier récemment mis à jour) en permettant d'orienter les efforts pour contenir le réchauffement des eaux vers les cours d'eau à enjeux présentant les peuplements piscicoles les plus vulnérables.

Pour ces raisons, et au vu de la sensibilité générale du territoire vis-à-vis du réchauffement des eaux, du caractère de plus en plus redondant des épisodes d'étiage sévère et de canicule estivale, et des dernières données d'inventaire acquises dans le cadre des activités de la FDPPMA 03, la poursuite du RST 03 et l'équipement de nouvelles stations de suivi est nécessaire.

6 Références bibliographiques

Alabaster J.S., Llyod R., 1980. Water quality criteria for fresh water fish, Butter Worths Ed., London, 297p.

Crisp D.T., 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in freshwater with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia* 323, 201-221.

Demore A., 2013. Suivi thermique et piscicole des têtes de bassin du département du Rhône 2013. Fédération du Rhône pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 62p.

Dumoutier Q., Vigier L. et Caudron A. 2010. Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03

Elliott J.M., 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology* 44, 805-821.

Elliott J.M., 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. pp 209-245 In *Stress and fish*, Pickering A.D (ed), Academic Press London.

Elliott J.M., 1984. Growth, size, biomass and production of young migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream; 1966-83. *Journal of Animal Ecology* 53, 979-994.

Elliott J.M., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford, 286 pp.

Elliott J.M., Hurley M.A, 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology* 46, 679-692.

Gombert C., Lelièvre M., 2018. Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST03) – Campagne automne 2016 à automne 2017. FDPPMA 03, juin 2018. 53 p.

Gombert C., Lelièvre M., 2017. Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST03) – Campagne automne 2015 à automne 2016. FDPPMA 03, février 2017. 53 p.

Gombert C., Lelièvre M., 2016. Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST03) – Campagne automne 2014 à automne 2015. FDPPMA 03, février 2016. 44 p.

Gombert C., Lelièvre M., 2015. Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST03) – Campagne printemps à automne 2014. FDPPMA 03, mars 2015. 45 p.

Gres P., 2013. Réseau Départemental de Suivi de la Qualité des Rivières de la Loire, Bilan de l'année 2012. FDPPMA 42, juillet 2013. 166 p.

Humpesch U.H., 1985. Inter-and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. *Archiv für Hydrobiologie* 104, 129-144.

Lery S., 2009. Mesures en continu des températures sur quelques rivières du Pays de la Loire. Période 2003-2007. Cellules Qualité des Eaux et Hydrométrie de la DIREN des Pays de la Loire, ONEMA, février 2009. 16 p.

Passeron R., Barla C., 2012. Réseau Thermiques des cours d'eau des Alpes Maritimes 2012. FDPPMA 06. 12 p.

Rosak T., Lelièvre M., 2019. Réseau de Suivi Thermique des cours d'eau de l'Allier (RST03) – Campagne automne 2017 à automne 2018. FDPPMA 03, janvier 2019. 44 p.

Service communication de l'ONEMA. La température des cours d'eau sous haute surveillance. Les fiches de l'Onema. 2 p.

Varley M.E., 1967. Water temperature and dissolved oxygen as environmental factors affecting fishes. pp 29-52 In *British freshwater fishes*, Fishing News, London

Vigier L., Catinaud L. & Bini G., 2013. Etude de la qualité thermique du bassin des Dranses données 2007-2008. Rapport FDP74.13/08, 15p

Verneaux J., 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Thèse d'Etat. Université de Franche-Comté, Besançon, 257p.

7 Annexes

Annexe 1 : Exemple de fiche de suivi station



Réseau de Suivi Thermique de l'Allier :
Fiche station

N° station :	6	Cours d'eau : SICHON	Bassin Versant : ALLIER
		Commune : ARRONNES	Lieu dit : bourg

Coordonnées GPS :	LII et L93	X : 695167 X : 743794	Y : 2118364 Y : 6551159
-------------------	------------	--------------------------	----------------------------

Description de l'accès au site :

Depuis centre du village, descendre sur la gauche du pont (avant de le traverser)

Description de la localisation de la sonde :

Traverser (sonde en rive gauche) - Petite anse à l'aplomb du rocher sur l'autre rive, en dessous de 3 arbres alignés. Sur racine à gauche de l'anse

Type de support : Racine

N° sonde	Pose			Levé				
	Date	Heure	Opérateur	Date	Heure	Opérateur	Rempl. Sonde (n°)	Rempl. Pile
2366247	03/04/14	15:20	CG	06/10/2014	17:00	CG	non	non
2366247	06/10/14	17:00	CG					

Remarques :