

Fiche 4.2. Thermie des cours d'eau

● L'évolution du régime thermique des cours d'eau

La température des cours d'eau est le résultat d'un équilibre thermodynamique entre les flux énergétiques et hydrologiques aux interfaces eau-atmosphère et eau-lit du cours d'eau. **La température des cours d'eau joue un rôle prépondérant dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques** - et sur les usages anthropiques (Hannah and Garner, 2015). L'un des effets prévisibles du changement climatique est **la modification du régime thermique des milieux aquatiques** plus rapide que la hausse des températures de l'air (Seyedhashemi *et al.*, 2021).

➔ Les facteurs influençant la thermie des cours d'eau

L'étude d'évaluation des volumes prélevables de la basse rivière d'Ain (2014) identifie 3 facteurs influant principalement la thermie de la rivière à l'échelle d'un cycle annuel :

- Le **débit naturel** et ses variations artificielles (lâchers de barrage). Une baisse des débits entraîne une diminution de l'inertie thermique des cours d'eau ;
- La **température de l'air** ;
- La **durée d'insolation** (impactée par l'ombrage de la ripisylve).

Le PGRE vise ainsi à limiter l'augmentation de la température de l'eau en favorisant les apports de nappe (permis par une limitation des prélèvements).

Avec l'effet du changement climatique, **la température de l'air et la durée d'insolation augmente**, alors que **les débits sont en baisse**, ce qui favorise l'augmentation des températures de l'eau. ▼

Selon la Fédération Départementale de Pêche de l'Ain, **la thermie des cours d'eau pourrait augmenter de + 1 °C à + 1,5 °C à horizon 2050.**

Sur le territoire, les contextes les plus touchés par la hausse de la thermie des cours d'eau sont le Lange, l'Oignin, et l'Albarine (contextes salmonicoles). Toutefois, la situation est aussi critique pour les cyprinidés.

Sur le bassin de l'Ain aval, les régimes thermiques sont également influencés par :

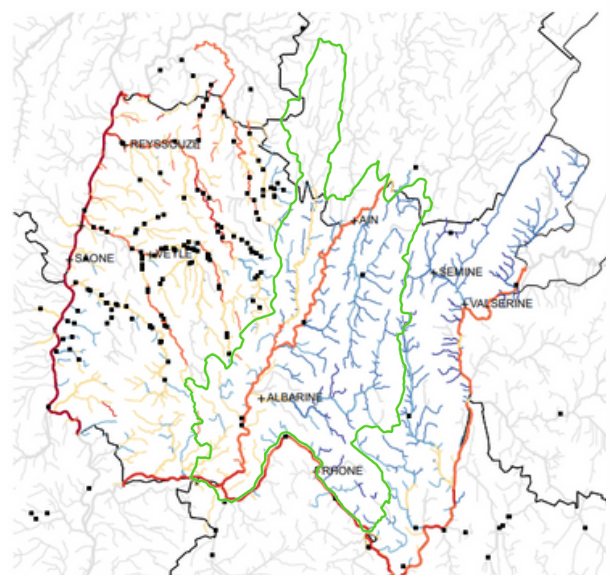
- La **stratification thermique de l'eau retenue au barrage d'Allement**, l'eau du fond est plus froide et c'est elle qui est transférée en aval dans la rivière d'Ain ;
- Les **apports d'eau de la nappe alluviale et des karsts**, qui permettent de rafraîchir les rivières.

➔➔➔ Les cours d'eau dont les débits sont contrôlés majoritairement par les conditions atmosphériques (la pluviométrie, l'évaporation) seront les plus vulnérables au changement climatique que ceux soutenus par des apports de nappe ou des lâchers artificiels (barrages). Sur le périmètre, les cours d'eau en domaine karstique seront particulièrement vulnérables (hors secteurs en aval des résurgences).

Outre les processus naturels, la température de l'eau est également contrôlée par des aménagements anthropiques (ex. seuils et étangs artificiels, barrages, rejets des eaux de refroidissement des centrales nucléaires, rejets des stations d'épuration, imperméabilisation des sols, modifications hydromorphologiques ...).

Régimes thermiques en rivière – Période 2009–2018
AIN (01)

Températures moyennes maximales sur 30 jours (°C)



Légende

— < 14°C	— Départements
— 14°C-16°C	— Réseau hydrographique (RHT)
— 16°C-18°C	■ Stations de mesure des températures en rivière valorisées dans le projet TIGRE
— 18°C-20°C	
— 20°C-22°C	
— 22°C-24°C	
— > 24°C	

contour du périmètre du SR3A en vert

➔ Les régimes thermiques modélisés

On observe une température beaucoup plus élevée dans la rivière d'Ain qu'au niveau des affluents, en raison de la taille et de la longueur du cours d'eau.

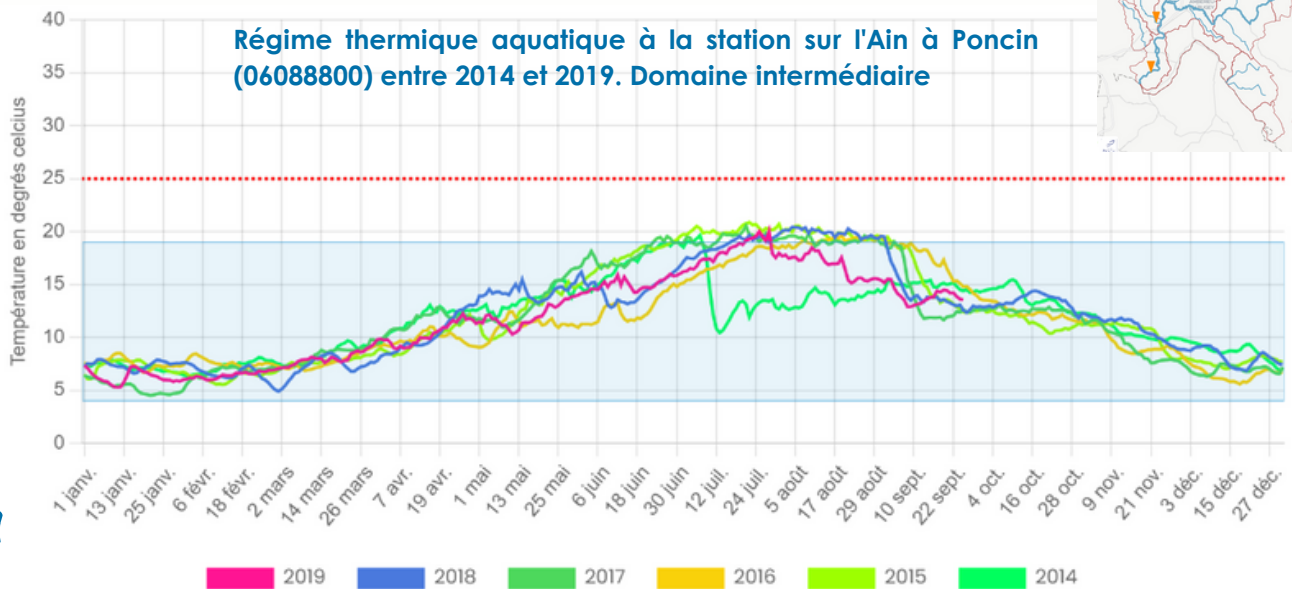
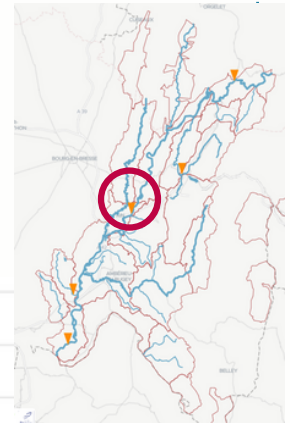
Les températures mesurées et modélisées sur la rivière d'Ain **sont néanmoins moins élevées que celles d'autres grands cours d'eau voisins comme le Doubs, la Loue ou la Reyssouze** (lien avec les lâchers de barrage et la participation de la nappe eaux débits).

Les **zones les plus fraîches sont logiquement situées en tête de bassin versant**, avec près de 10 °C de différence en température moyenne.

Fiche 4.2. Thermie des cours d'eau

● Illustrations : Régimes thermiques des cours d'eau

Source : Naiades - Réalisation : Fédération Départementale de Pêche de l'Ain.



La zone en bleu représente la zone de confort de la truite de rivière adulte (min : 4°C - max : 19°C) et la ligne rouge : la température létale de l'espèce (25°).

Tableau des moyennes journalières :

Relevé des températures de l'eau à la station de Poncin.

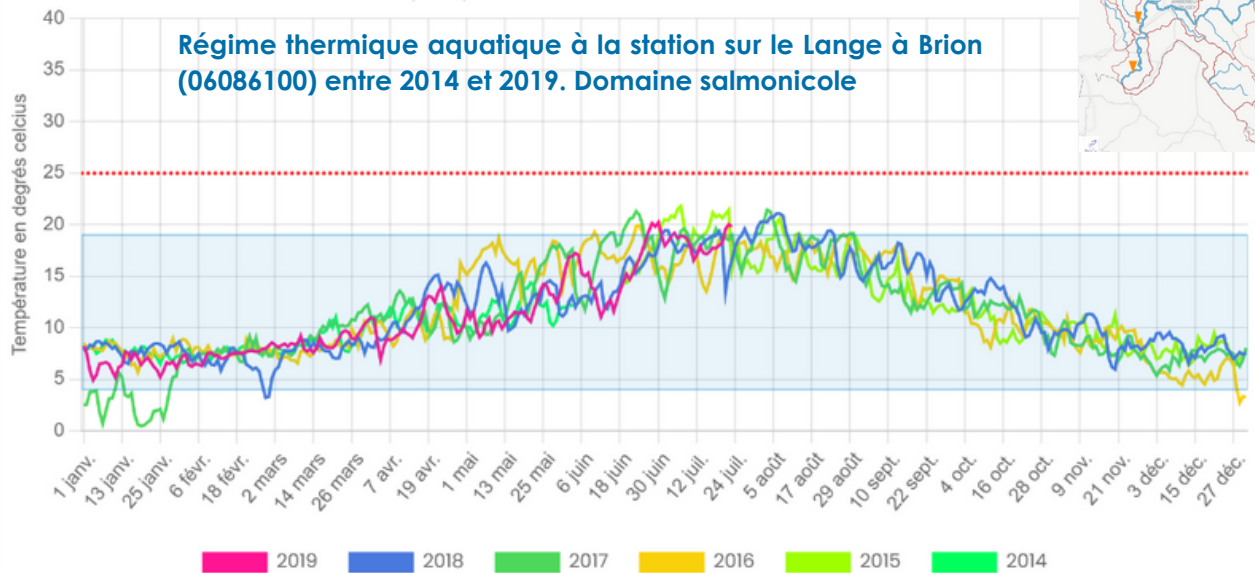
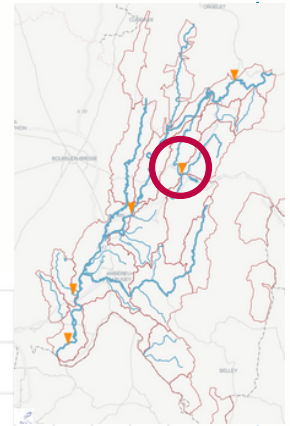
Année (date)	Température journalière maximale (date)	Température sur 7 jours maximale (date)	Température sur 30 jours maximale (date)	Température moyenne journalière maximale (date)	Température moyenne journalière minimale (date)
2019 (du 01/01 au 25/09)	21.39 (28/07)	19.557 (du 22/07 au 28/07)	18.406 (du 14/07 au 12/08)	20.02 (28/07)	5.28 (11/01)
2018 (du 01/01 au 01/01)	21.533 (05/08)	20.293 (du 02/08 au 08/08)	19.932 (du 30/07 au 28/08)	20.42 (04/08)	4.9 (01/03)
2017 (du 01/01 au 01/01)	21.366 (21/07)	19.851 (du 15/07 au 21/07)	19.528 (du 12/07 au 10/08)	20.54 (21/07)	4.52 (21/01)
2016 (du 01/01 au 01/01)	20.841 (17/08)	19.361 (du 17/08 au 23/08)	19.197 (du 06/08 au 04/09)	19.64 (19/08)	5.59 (18/12)
2015 (du 01/01 au 01/01)	22.082 (21/07)	20.591 (du 19/07 au 25/07)	20.248 (du 15/07 au 13/08)	20.86 (22/07)	5.54 (12/02)
2014 (du 01/01 au 01/01)	20.46 (07/07)	19.069 (du 01/07 au 07/07)	18.107 (du 10/06 au 09/07)	19.65 (07/07)	6.36 (02/02)
2013 (du 01/01 au 01/01)	19.627 (03/08)	18.216 (du 30/07 au 05/08)	17.643 (du 30/07 au 28/08)	18.48 (31/07)	4.76 (27/02)
2012 (du 01/01 au 01/01)	20.96 (20/08)	19.673 (du 19/08 au 25/08)	19.106 (du 01/08 au 30/08)	19.78 (22/08)	3.32 (11/02)
2011 (du 18/05 au 01/01)	20.603 (09/07)	19.173 (du 06/07 au 12/07)	18.725 (du 20/06 au 19/07)	19.41 (11/07)	6.59 (30/12)
2010 (du 01/01 au 13/09)	21.628 (20/07)	20.439 (du 20/07 au 26/07)	19.801 (du 09/07 au 07/08)	20.59 (26/07)	4.15 (16/02)

Des températures journalières supérieures à la zone de confort pour la truite de rivière sont observées sur l'Ain à Poncin.

Fiche 4.2. Thermie des cours d'eau

● Illustrations : Régimes thermiques des cours d'eau

Source : Naïades - Réalisation : Fédération Départementale de Pêche de l'Ain.



La zone en bleu représente la zone de confort de la truite de rivière adulte (min : 4°C - max : 19°C) et la ligne rouge : la température létale de l'espèce (25°).

Tableau des moyennes journalières :

Année (date)	Température journalière maximale (date)	Température sur 7 jours maximale (date)	Température sur 30 jours maximale (date)	Température moyenne journalière maximale (date)	Température moyenne journalière minimale (date)
2019 (du 01/01 au 23/07)	23.28 (30/06)	19.277 (du 26/06 au 02/07)	18.428 (du 24/06 au 23/07)	20.21 (30/06)	4.92 (04/01)
2018 (du 01/01 au 01/01)	23.352 (06/08)	20.714 (du 02/08 au 08/08)	19.1 (du 26/07 au 24/08)	21.09 (06/08)	3.22 (27/02)
2017 (du 01/01 au 01/01)	23.978 (23/06)	20.414 (du 19/06 au 25/06)	18.653 (du 07/07 au 05/08)	21.44 (03/08)	0.47 (19/01)
2016 (du 01/01 au 01/01)	29.265 (10/06)	18.804 (du 21/06 au 27/06)	17.5 (du 19/07 au 17/08)	19.93 (24/06)	2.72 (29/12)
2015 (du 19/06 au 01/01)	24.726 (06/07)	20.836 (du 16/07 au 22/07)	19.412 (du 26/06 au 25/07)	21.79 (07/07)	6.36 (13/12)
2014 (du 01/01 au 03/06)	16.058 (20/05)	13.37 (du 18/05 au 24/05)	11.908 (du 05/05 au 03/06)	14.36 (21/05)	6.5 (25/01)
2013 (du 01/01 au 01/01)	22.011 (27/07)	18.719 (du 22/07 au 28/07)	17.16 (du 15/07 au 13/08)	19.17 (24/07)	4.51 (25/02)
2012 (du 01/01 au 01/01)	22.872 (22/08)	19.487 (du 19/08 au 25/08)	17.503 (du 27/07 au 25/08)	20.38 (22/08)	1.21 (12/02)
2011 (du 01/01 au 01/01)	22.753 (28/06)	18.417 (du 19/08 au 25/08)	16.56 (du 14/06 au 13/07)	19.28 (28/06)	3.46 (24/01)
2010 (du 01/01 au 01/01)	24.798 (11/07)	20.457 (du 10/07 au 16/07)	18.488 (du 27/06 au 26/07)	21.23 (11/07)	3.15 (01/02)

Relevé des températures de l'eau à la station à Brion.

Des températures journalières supérieures à la zone de confort pour la truite de rivière sont observées sur le Lange.



La Fédération Départementale de la Pêche de l'Ain prévoit la publication d'un Observatoire piscicole et thermique courant 2023.

Fiche 4.2 : Thermie des cours d'eau

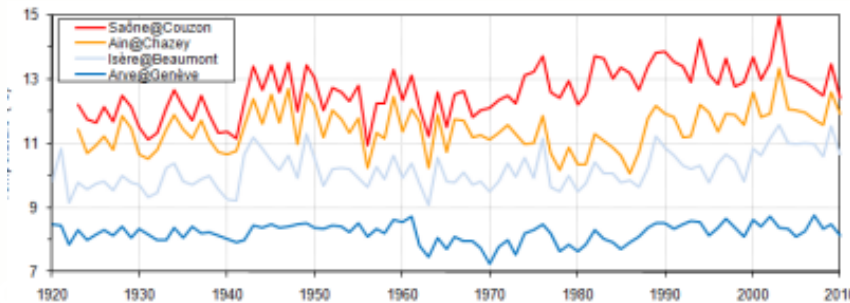


Illustration : projections de thermie des cours d'eau sur le bassin du Rhône



Attention, bien que voisins, ces cours d'eau ne présentent pas le même régime thermique que la rivière d'Ain.

- Sur la période 1920-2010, le Rhône s'est réchauffé, avec une augmentation plus marquée sur sa partie aval : + 0,6 °C à Bugey contre + 2,1 °C à Tricastin.
- Les principaux affluents ont également enregistré une augmentation de température, en particulier la Saône et l'Ain.
- Les rejets thermiques des CNPE en "circuit ouvert" induisent une hétérogénéité thermique locale très nette entre la rive du rejet et la rive opposée, de l'ordre de 5 °C à la centrale du Bugey.
- L'augmentation séculaire de la température de l'eau n'a pas été linéaire, mais quasi-intégralement portée par la hausse des températures entre 1987 et 2010.



Source : Évolution thermique du Rhône : apport des longues chroniques de température de l'eau pour distinguer les effets des aménagements de l'incidence climatique, Poirel, EDF, 2015



L'étude - réalisée à partir d'une modélisation des régimes thermiques - projette une augmentation de la température moyenne du Rhône de +2,1°C (max à +2,8°C) à horizon 2071-2100 par rapport à la normale 1971-2000. La hausse de la température moyenne serait à 90% due à l'augmentation des températures de l'air (van Vliet et al., 2013).

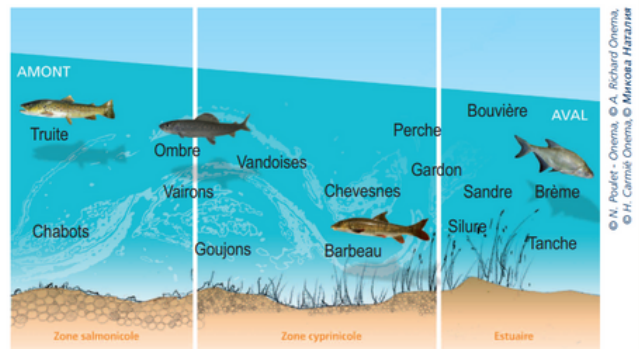
Fiche 4.2. Thermie des cours d'eau

Impacts de la thermie sur les communautés piscicoles

La température de l'eau est un critère déterminant de la qualité physique, chimique (pH, oxygène dissout) et biologique des rivières ; elle influence aussi le cycle de vie des organismes aquatiques (physiologie, la phénologie et la répartition des espèces de poissons).

Ainsi, le régime thermique des cours d'eau est **un des principaux facteurs structurant la composition des communautés piscicoles**. Le réchauffement de l'eau entraîne une modification des communautés piscicoles avec **un remplacement des espèces d'eau froide** (Salmonidés, Lamproie de Planer, Chabot, ..), par des espèces plus tolérantes du point de vue thermique. Cela aura pour conséquence un glissement voir la réduction des aires de répartition des espèces piscicoles sur les parties amont. Les têtes de bassin deviendront des zones refuges pour certaines espèces.

Chaque espèce de poisson est inféodée à des **préférences de températures** qui répondent à des plages de température au sein desquelles une espèce se sent plus à l'aise (varie selon les espèces, les habitats...). En dehors, leur cycle de vie est altéré, voir rompu : l'espèce est soumise à un stress thermique (Bapstist et al, 2014). Une augmentation des températures maximales pourrait créer des épisodes de forte mortalité piscicole.



Évolution schématique de la structure des communautés piscicoles le long du gradient amont-aval.



Source : INPN

Les dépassements de température impactant l'Ombre commun

L'**Ombre Commun** *Thymallus thymallus* vit dans les eaux fraîches et préfère les zones bien oxygénées : sa zone de confort s'étend de 4 à 20 °C, avec un seuil léthal à 23°C.

Le changement climatique pourrait aggraver ses conditions de vie : l'espèce est classée "Vulnérable" (liste rouge des espèces menacées en France) en raison de l'augmentation de la température des eaux en été et de la diminution simultanée des débits qui réduisent son aire de répartition.

Un suivi de la température de l'eau de la rivière d'Ain est opéré par EDF depuis de nombreuses années. **L'analyse des données montre un nombre important de jours de dépassements des seuils de confort et plus rarement du seuil léthal de l'Ombre commun.**

Année	T° La Cueilie				T° Pont d'Ain				T° Pont de Chazey-sur-Ain			
	10-15	15-20	20-23	23-26	10-15	15-20	20-23	23-26	10-15	15-20	20-23	23-26
2001	35	57			1	54			7	81	4	
2002	46	46			9	45			9	77	6	
2003		32	60				64	12		5	59	28
2004	24	68			8	53	20		7	53	30	2
2005	11	81				73	1			60	32	
2006	20	57			18	38	18		23	33	29	4
2007	58	34			36	43			44	48		
2008	40	52			25	67			15	69	8	
2009		83				57	33			39	53	
2010	15	57	10		15	49	28		8	46	38	

Tableau 1 : Nombre de jours de dépassement des valeurs limites de température journalière moyenne pour l'Ombre commun. Mois de juin à août des années 2001 à 2010.

Aussi, l'examen des données journalières montre que le dépassement des valeurs limites a lieu principalement au mois de juillet et dans une moindre mesure au mois d'août, caractérisé par une fréquence de lâchers de barrage plus importante qui permet de baisser la température de l'eau (stratification thermique du barrage). **Les stress physiologiques sont globalement atteints quand les débits sont inférieurs à 18 m³/s à Pont d'Ain et à 24 m³/s à Pont de Chazey (étude EVP).**

L'eau de la nappe alluviale qui soutient le cours d'eau en période d'étiage étant plus fraîche (12 °C), **elle joue un rôle important en permettant le maintien des zones refuges** présentant un confort thermique satisfaisant pour les espèces piscicoles sensibles (ombres, truites).

Fiche 4.2. Thermie des cours d'eau

● Illustration : Tolérance thermique des espèces piscicoles sur la période 2009-2018

Source : Projet TIGRE - INRAE.

Des températures maximales sur 7 jours, supérieures de 1 °C à l'optimum biologique, sont régulièrement atteintes pour la Truite fario juvéniles et le Blageon adulte.



Le projet TIGRE retient 2 métriques : la moyenne inter-annuelle (2009-2018) des températures moyennes maximales annuelles sur 30 jours consécutifs (MT30jmax) et sur 7 jours consécutifs (MT7jmax), afin de caractériser les conditions de température extrêmes estivales et leurs conséquences en matière de développement et de survie des espèces aquatiques

Lange à Montreal-la-Cluse

Tolérance au stade juvénile* vs température moyenne maximale sur 7 jours

	Opt. min.	5	4	6	13	14	7	15	13	12	12	19	10	7	25	14	7	13							
	Opt. max.	26	17	25	15	25	27	25	24	24	25	25	25	21	30	28	25	28							
	Mortal.	27	25	29	30				32			31	32	30	34	34	30	30							
Année	T7Jmax	CHA	TRF	LOF	OBR	BLN	CHE	GOU	HOT	TOX	BAF	SPI	VAN	BOU	BRO	PER	GAR	ABL	CCO	SAN	BRB	BRE	GRE	PES	SIL
2009	19.3		+			?														-					
2010	20.5		+			?														-					
2011	18.4		+			?									-					-					
2012	19.5		+			?														-					
2013	18.7		+			?									-					-					
2014	17.5		+			?									-					-					
2015	19.7		+			?														-					
2016	17.7		+			?									-					-					
2017	18.2		+			?									-					-					
2018	19.6		+			?														-					

Tolérance au stade adulte* vs température moyenne maximale sur 7 jours

	Opt. min.	4	4	4	4	10	14	7	15	16	10	12	10	12	10	16	12	20	15	10	16	10	15	12	12
	Opt. max.	26	19	28	20	18	24	30	24	25	24	24	25	30	24	27	25	30	30	27	25	26	25	30	28
	Mortal.	27	25	29	23	27	30	36			32	27	32	37	31	33	31	35	35	35	35	31	35	32	
Année	T7Jmax	CHA	TRF	LOF	OBR	BLN	CHE	GOU	HOT	TOX	BAF	SPI	VAN	BOU	BRO	PER	GAR	ABL	CCO	SAN	BRB	BRE	GRE	PES	SIL
2009	19.3		+			+													-						
2010	20.5		+		+	+																			
2011	18.4					+														-					
2012	19.5		+			+														-					
2013	18.7					+														-					
2014	17.5																			-					
2015	19.7		+			+														-					
2016	17.7																			-					
2017	18.2					+														-					
2018	19.6		+			+														-					

Legende

- T7Jmax dans l'optimum biologique
- T7Jmax < optimum biologique (écart inférieur à 1°C)
- T7Jmax > optimum biologique (écart inférieur à 1°C)
- T7Jmax << optimum biologique (écart supérieur à 1°C)
- T7Jmax >> optimum biologique (écart supérieur à 1°C)
- T7Jmax >> optimum biologique (seuil de mortalité non documenté)
- T7Jmax > seuil de mortalité
- Seuils de tolérance non documentés

- CHA : Chabot
- TRF : Truite fario
- LOF : Loche franche
- OBR : Ombre commun
- BLN : Blageon
- CHE : Chevaine
- GOU : Goujon
- HOT : Holu
- TOX : Toxostome
- BAF : Barbeau
- SPI : Spirilin
- VAN : Vandoise
- BOU : Bouvière
- BRO : Brochet
- PER : Perche
- GAR : Gardon
- ABL : Ablette
- CCO : Carpe
- SAN : Sandre
- BRB : Brème bordelière
- BRE : Brème commune
- GRE : Grémille
- PES : Perche soleil
- SIL : Silure

*D'après Frisk et al. (2012), Tissot & Souchon (2010), Maliet et al. (1999), Casselman et Lewis (1996), Elliott & Elliott (1995), Elliott et al. (1994), Persat (1988), Elliott (1981)

Résultats issus du projet TIGRE (contact : florentina.moatar@inrae.fr), en partenariat avec :