



Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et
la Protection du Milieu Aquatique
2092, route des Diacquenods
Le Villaret
74 370 St Martin Bellevue
Tél. 04 50 46 87 55
www.pechehautesavoie.com

Etude de la structure thermique du cours principal du Giffre : évaluation des effets du barrage de Tanninges sur le régime thermique du Giffre

DONNEES 2009-2010



Laure VIGIER
(Réf rapport FDP74.11/02)

Mai 2011

Préambule

La température de l'eau est un facteur déterminant de la qualité du milieu aquatique vis-à-vis du poisson et en particulier de la truite commune qui est une espèce très exigeante pour ce paramètre.

Aussi, dans le cadre du programme INTERREG III intitulé « Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones dans la Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie », des premières études thermiques sur des cours d'eau de Haute-Savoie ont été entreprises à partir de 2003. Les premiers résultats obtenus ont permis d'apporter des éléments de réponse concernant la qualité du peuplement piscicole observé et le statut démographique de certaines populations autochtones identifiées. Au vu de ces résultats, il s'est avéré pertinent d'étendre le suivi entrepris à un maximum de cours d'eau du département.

Les stations suivies sont choisies en fonction des données déjà disponibles (inventaire piscicole, étude scalimétrique, étude de la qualité de l'eau) et des impacts potentiels pouvant influencer la qualité thermique du cours d'eau. **Cette campagne de mesure, a plus particulièrement pour objectif de connaître l'évolution de la structure thermique sur le cours principal du Giffre en relation avec la problématique de débit réservé, dont l'impact thermique a déjà été identifié dans un précédent travail (Renoy, 2002 ; GEN-Tereo, 2008).**

L'étude a cherché avant tout à évaluer les potentialités piscicoles ainsi que les conséquences biologiques potentielles en particulier pour la truite commune des caractéristiques thermiques des eaux de surface. Dans le cas de la truite commune qui affectionne préférentiellement les eaux froides, les dangers sont liés essentiellement à une élévation des températures durant la période estivale. Cependant, des valeurs froides extrêmes en période hivernale peuvent compromettre la réussite de la reproduction naturelle (maturation, déroulement du frai, développement des œufs). Ainsi, la température agit directement sur le métabolisme des poissons et influence positivement ou négativement la croissance et le développement. Elle a également des effets indirects sur les autres paramètres physico-chimiques (oxygénation, pollution), sur les biocénoses dont les invertébrés benthiques (faune nourricière) et sur les agents pathogènes (infection, prolifération).

Le présent rapport présente les résultats de la première campagne de l'étude thermique réalisée sur le cours principal du Giffre qui a eu lieu sur un cycle annuel complet entre 2009-2010.

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 7 stations réparties sur le cours principal du Giffre. Elles ont été positionnées de façon à préciser les effets des aménagements hydroélectriques du Giffre sur le régime thermique de ce cours d'eau.

Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur un cycle annuel complet au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs HOB0. Les enregistreurs ont été posés et récupérés par Guillaume Bini respectivement le 08/10/2009 et le 11/10/2010. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 09/10/2009 et le 08/10/2010.

Une fois récoltées, les données ont été vérifiées pour s'affranchir d'éventuelles valeurs incorrectes causées par un dysfonctionnement ou une mise hors d'eau de l'enregistreur. Après la phase de validation, les données brutes ont permis de caractériser sur chaque station 30 variables thermiques (Tableau 1) calculées à l'aide d'une macro excel *MACMASalmo1.0* (Dumoutier *et al.*, 2010).

Catégorie	Code variable	Désignation succincte
Rappel	Dd Période	Date de début de la période étudiée
	Df Période	Date de fin de la période étudiée
	Durée	Durée de la période en jours
Thermie générale	Ti min	Température instantanée minimale
	Ti max	Température instantanée maximale
	ATi	Amplitude thermique sur la période étudiée
	Ajmax Ti	Amplitude thermique journalière maximale
	D Ajmax Ti	Date à laquelle l'amplitude thermique journalière maximale a été observée
	Tmj min	T° moyenne journalière minimale
	Tmj max	T° moyenne journalière maximale
	ATmj	Amplitude thermique des moyennes journalières
	D Tmj max	Date à laquelle la T° instantanée maximale a été observée
	Tmp	T° moyenne de la période
	Tm30j max	T° moyenne des 30 jours consécutifs les plus chauds
	Dd Tm30j max	Date de début de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
	Df Tm30j max	Date de fin de la période correspondante aux 30 jours consécutifs les plus chauds
Préferendum thermique	Nbj Tmj 4-19	Nombre total de jours durant lesquels la T° est comprise entre 4 et 19°C
	%j Tmj 4-19	Pourcentage de jours où la T° moy journalière est comprise entre 4 et 19°C
	Dd Tmj <4	Date à laquelle la T° moy journalière est pour la première fois < 4°C
	Df Tmj <4	Date à laquelle la T° moy journalière est pour la dernière fois < 4°C
	%j Tmj <4	Pourcentage de jours où la T° moy journalière est < 4°C
	%j Tmj >19	Pourcentage de jours où la T° moy journalière est > 19°C
	Nb Ti > 19	Nombre d'heures totales où la T° instantanée est > 19°C
	Nb sq Ti > 19	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent > 19°C
	Nbmax Ti csf > 19	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent > 19°C
	Nb Ti ≥ 25	Nombre d'heures totales où la T° est ≥ 25°C
	Nb sq Ti ≥ 25	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent ≥ 25°C
	Nbmax Ti csf ≥ 25	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent ≥ 25°C
Développement potentiel MRP	Nb Ti ≥ 15	Nombre d'heures totales où la T° est ≥ 15°C
	Nb sq Ti ≥ 15	Nombre de séquences durant lesquelles les T° restent ≥ 15°C
	Nbmax Ti csf ≥ 15	Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les T° restent ≥ 15°C
Phase de vie embryo-larvaire (PEL)	D50 ponte	Date médiane de ponte rentrée par l'utilisateur
	Nbj Inc	Nombre de jours d'incubation
	D50 Ecl	Date médiane d'éclosion
	Nbj Rsp	Nombre de jours de résorption
	Nbj PEL	Nombre total de jours de la phase de vie Embryo-Larvaire
	D50 Emg	Date médiane d'émergence
	Nb Ti > 15 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° est > 15°C pendant la PEL
	Nb sq Ti > 15 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T° restent > 15°C
	Nbmax Ti csf > 15 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T° restent > 15°C
	Nb Ti < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures totales où la T° est < 1,5°C pendant la PEL
	DNb sq Ti < 1.5 (PEL)	Nombre de séquences pendant la PEL durant lesquelles les T° restent < 1,5°C
	Nbmax Ti csf < 1.5 (PEL)	Nombre d'heures max consécutives pendant la PEL durant lesquelles les T° restent < 1,5°C

Tableau 1: tableau synthétique des variables utilisées et de leur désignation dans la macro *MACMASalmo1.0*.

II) Localisation des enregistreurs thermiques sur le cours principal du Giffre

La localisation des 7 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 1 et le tableau 2 ci-dessous.

Ainsi, 3 stations sont situées en amont du barrage de Taninges et 4 en Aval.

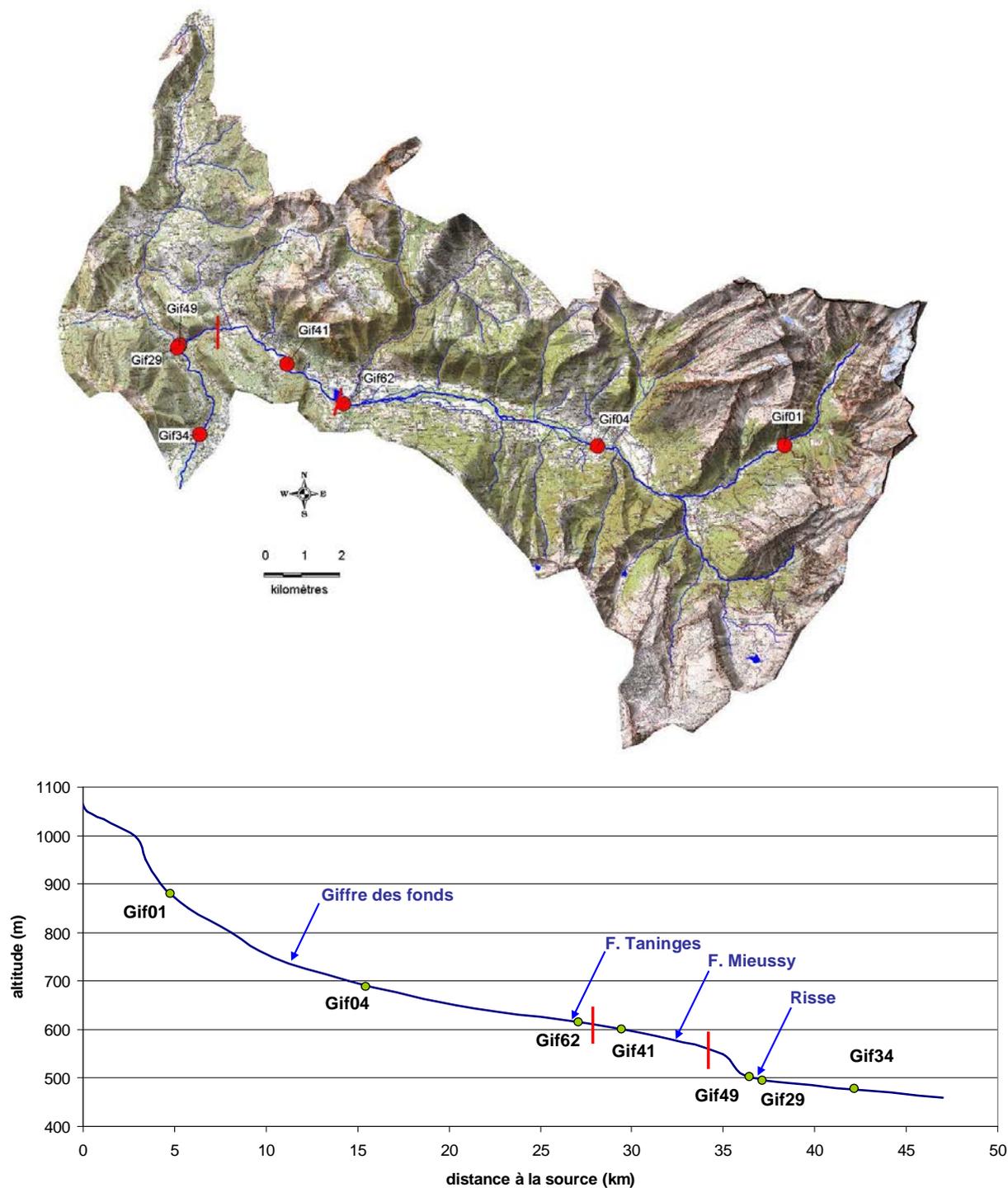


Figure 1 : localisation sur carte (haut) et sur le profil en long (bas) des 7 stations suivies sur le bassin versant du Giffre, et localisation des barrage (barres rouges) du bassin du Giffre.

Station	cours d'eau	localisation	distance à la source	altitude
Gif01	Giffre	amont Giffre des fonds	5,94	870
Gif04	Giffre	Samoëns	16,08	698
Gif62	Giffre	amont Barrage de Taninges	27,8	618
Gif41	Giffre	pont de Boche	31,18	606
Gif49	Giffre	amont Risse	36,98	501
Gif29	Giffre	aval Risse	37,15	500
Gif34	Giffre	Marignier	41,9	478

Tableau 2 : Caractéristiques des 7 stations étudiées sur le Giffre dans le cadre du suivi thermique 2009-2010 et localisation des enregistreurs.

III) Résultats

III.1) Validation des données

Aucun des 7 enregistreurs posés n'a montré de valeurs aberrantes (annexe 1). La totalité des enregistrements réalisés pendant la période du 09/10/2009 au 08/10/2010 a donc été utilisé dans le traitement et l'analyse des données.

III.2) Conditions thermiques générales

Les températures moyennes journalières évoluent entre 1°C et 19°C sur le cycle annuel considéré (figure 2).

Durant la période hivernale, l'ensemble des stations ont un comportement relativement similaire avec les températures moyennes journalières évoluant entre 1°C et 5°C à l'exception de la station la plus amont (Gif01) dont les températures moyennes journalières évoluent dans une gamme plus restrictive comprise entre 4°C et 6°C.

Entre mars et juin la structure thermique adopte un schéma relativement classique d'augmentation progressive des températures de l'amont vers l'aval.

Enfin de mars à octobre nous observons une nette différenciation en 2 groupes matérialisée par une augmentation importante des températures moyennes journalières entre les stations situées en amont du barrage de Tanninges (Gif 01, Gif 04, et Gif 62) et celles situées dans le tronçon court-circuité en aval de Tanninges (Gif41, Gif 49, Gif 29 et Gif 34). En effet, sur la période estivale (calcul effectué sur la période 25/06/2010 au 08/10/2010), nous notons une augmentation moyenne de 2°C des températures moyennes journalières entre la station située à l'amont du Barrage du Tanninges (Gif 62) et celle du pont de Boche (Gif 41) alors qu'elles ne sont distantes que de 3 kilomètres. Au regard de l'ensemble des données dont nous disposons actuellement, soient 302 stations suivies sur des cycles annuels complets et réparties sur l'ensemble du département (voir liste des rapports dans la bibliographie), cette évolution peut être considérée comme **importante**.

La station amont (Gif 01) présente un profil caractéristique d'un milieu tamponné avec une amplitude annuelle des températures relativement faible, les températures journalières évoluant entre 4°C et 12°C, et une amplitude des températures instantanées ne variant que de 1°C à 2°C par jour.

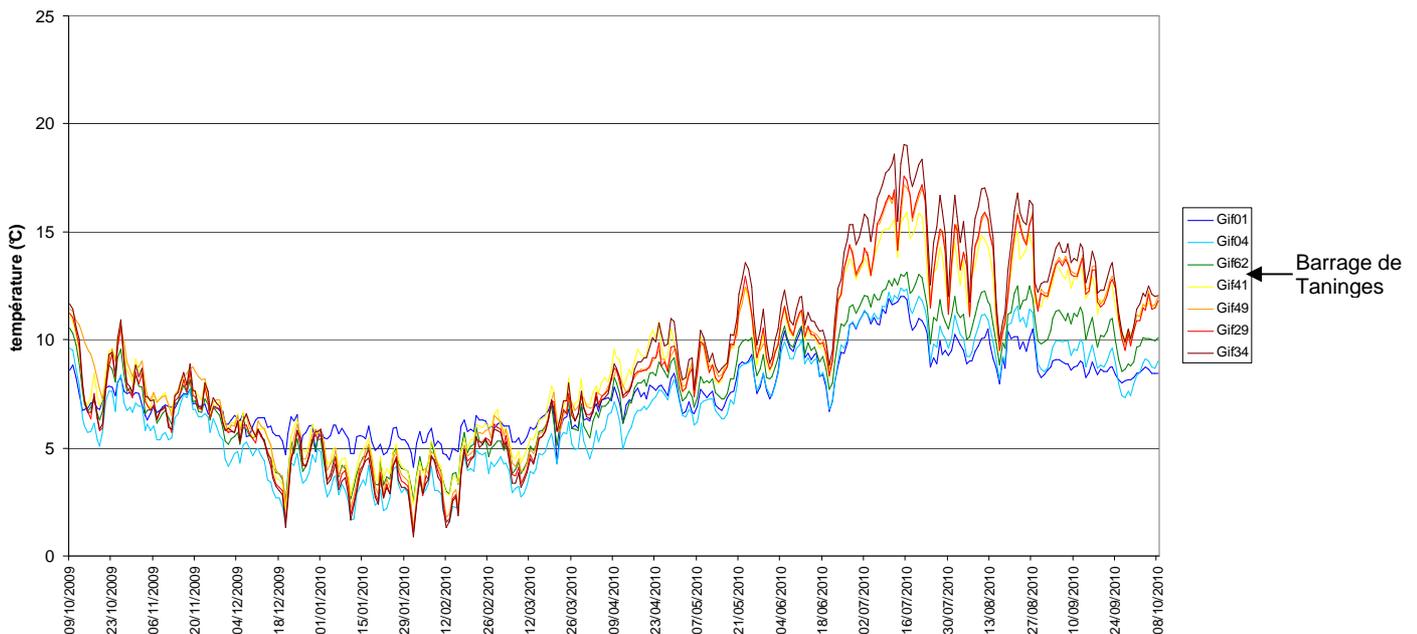


Figure 2: Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 09/10/2009 au 08/10/2010 pour les 7 stations étudiées sur le Giffre.

III.3) Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Ces 3 paramètres suivent une évolution globalement similaire (figures 3A, 3B, 3C), elles montrent toutes trois une augmentation progressive de l'amont vers l'aval avec une nette rupture entre l'amont (Gif 62) et l'aval (Gif 41) du Barrage de Taninges correspondant systématiquement à une augmentation marquée de chacune des variables considérées dans le tronçon court-circuité (TCC).

En effet, nous notons une augmentation importante de la température maximale instantanée (3,3°C) entre Gif 62 et Gif 41 (figure 3.A), suivie d'une diminution d'environ 1°C au niveau de Gif 49 (figure 3A). Les apports du Foron de Mieussy semblent être une hypothèse tangible d'explication, qui devra être vérifiée par la pose d'un enregistreur à l'aval de cet affluent. Enfin nous remarquons une forte augmentation de la sensibilité aux fortes températures sur la partie aval (Gif 34), avec l'atteinte de températures instantanées défavorables à la présence de la truite fario (25°C).

Les amplitudes annuelles (figure 3.B) confirment bien le caractère tamponné de la station amont (Gif 01) et l'augmentation de sensibilité du milieu à la température de l'air selon un gradient amont/aval (figure 3B).

La température moyenne des 30 jours les plus chauds augmente globalement de l'amont vers l'aval (figure 3C). L'augmentation brutale et importante (2,3°C) observée entre l'amont du barrage (Gif 62) et le TCC (Gif 41), confirme l'effet structurant du barrage sur le régime thermique du Giffre. En outre, cette forte augmentation relevée sur cette variable moyenne confirme une fois de plus **l'augmentation artificielle du biotype** (Verneaux, 1973) qui passe d'un B2+ à l'amont du barrage à un B4 à la station de pont de Boche (Renoy, 2002 ; GEN-Tereo, 2008) dans le tronçon court-circuité du Giffre, alors que le biotype en conditions naturelles est estimé à un B3+ au maximum (GEN-Tereo, 2008).

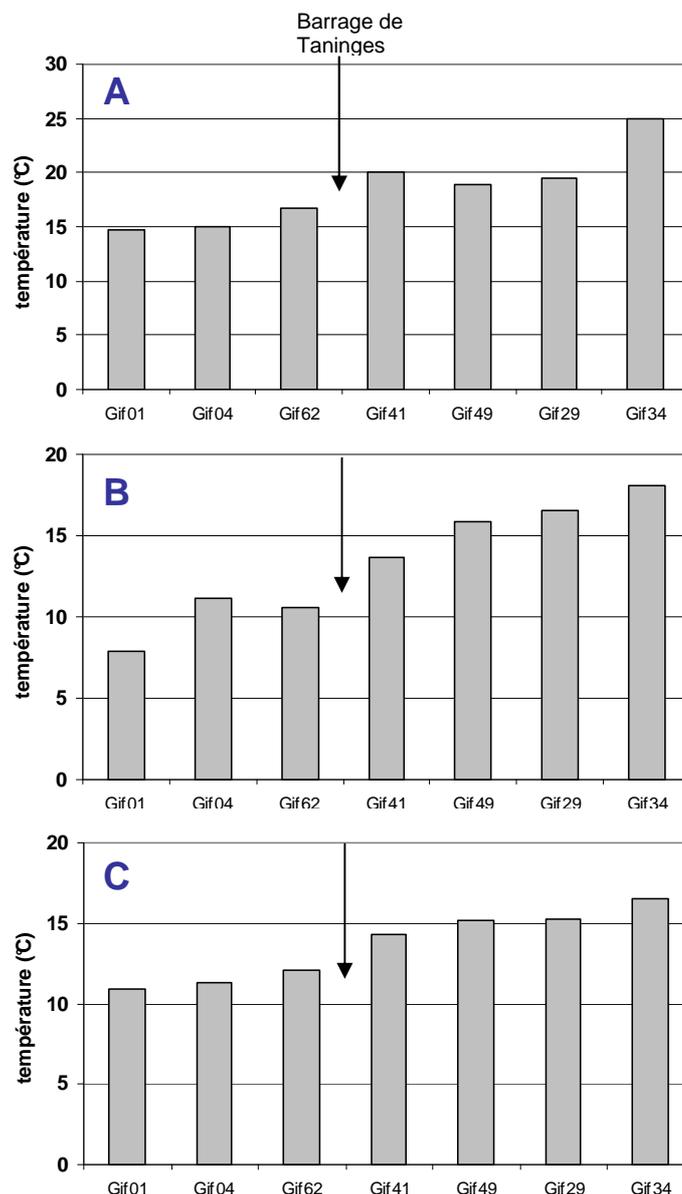


Figure 3 : Température maximale (A), amplitude annuelle (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 7 stations étudiées sur le Giffre.

III.3) Période de croissance et préférendum thermique

Les données thermiques disponibles ont permis de calculer le temps (nombre de jours par an) où la température de l'eau était comprise dans le préférendum thermique de la truite commune. Ce préférendum peut être défini comme la plage de températures d'eau permettant une activité métabolique de la truite c'est-à-dire favorable à son alimentation et à sa croissance. En accord avec de nombreux auteurs (Varley, 1967 ; Elliott, 1975 ; Alabaster et Lloyd, 1980 ; Elliot, 1981 ; Crisp, 1996 ; Elliott et Hurley, 2001), les valeurs limites basse et haute de ce préférendum ont été fixées respectivement à 4°C et 19°C.

L'ensemble des stations du cours principal du Giffre présente des températures favorables à la truite fario sur des durées supérieures à 300 jours par ans (figure 4A). A l'exception de la station Gif 01, dont les températures moyennes journalières appartiennent toutes au préférendum thermique de la truite, les températures moyennes journalières hors préférendum thermique sont principalement concentrées dans les valeurs basses (< 4°C) pour

les autres stations (figure 4B). Seule la station aval (Gif 34) atteint des températures moyennes journalières supérieures à 19°C, donc supérieures au seuil de confort pour la truite fario.

Du point de vue des températures instantanées (figure 4C), nous constatons une légère dégradation des conditions thermiques pour la truite fario au niveau de la station de pont de Boche (Gif 41), avec le dépassement de son seuil de confort (19°C) sur des durées (totales et consécutives) restant toutefois relativement courtes. Ce seuil n'est pas dépassé sur la station suivante (Gif 49), puis de nouveau dans des conditions similaires en aval de la confluence avec le Risse (Gif 29). Enfin, les 19°C sont régulièrement dépassés (175 heures) sur la station aval (Gif 34) mais rarement de manière consécutive (10 heures au maximum). Les conditions à ce niveau peuvent cependant être considérées comme contraignantes pour l'espèce et ceci d'autant plus qu'elle peut ponctuellement atteindre le seuil des 25°C considéré comme létal. La dégradation de cette variable thermique correspond encore une fois au passage débit total/ débit réservé, matérialisé par le barrage de Taninges.

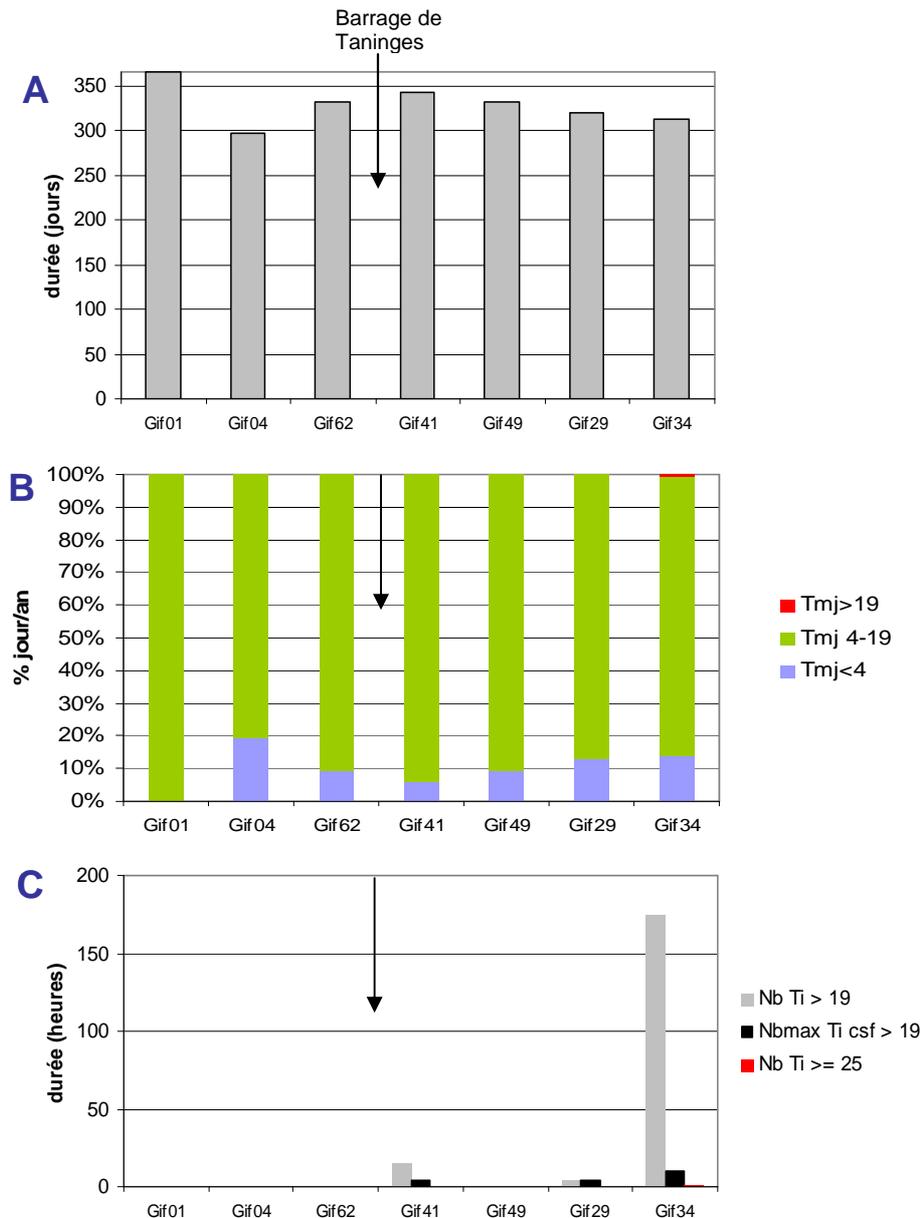


Figure 4 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A), pourcentage de jours où la température moyennes journalières est inférieure à 4°C, comprise entre 4 et 19 °C ou supérieure à 19°C (B) et durée totale en heure (gris), durée en heure de la séquence maximale (noir) durant laquelle la température est restée en dessus de 19°C et en dessus de 25°C (rouge)(C) sur les 7 stations concernées par le suivi annuel (2009-2010) réalisé sur le cours principal du Giffre.

III.4) Conditions favorables à l'infection par la PKD

La PKD (« Proliferative Kidney Disease » = maladie rénale proliférative), est une maladie infectieuse touchant préférentiellement les truites, les ombres et les saumons. Elle provoque, chez les sujets atteints, une importante hypertrophie des reins et éventuellement du foie et de la rate qui peut entraîner dans les populations des taux de mortalité relativement importants notamment chez les juvéniles. L'agent infectieux est un parasite nommé *Tetracapsula bryosalmonae* (Canning *et al.*, 1999) qui utilise comme hôte intermédiaire des bryozoaires* (Anderson *et al.*, 1999). La température de l'eau joue un rôle important dans le cycle de développement de ce parasite qui se propage dans le milieu naturel lorsque celle-ci atteint 9°C (Gay *et al.*, 2001). L'apparition de la maladie chez la truite arc en ciel nécessite une température d'au moins 15°C pendant 2 semaines.

Sur les stations étudiées, une première étude a été menée afin d'identifier les sites présentant des conditions thermiques favorables au développement de la PKD. Ainsi, le nombre d'heures consécutives où la température de l'eau est supérieure ou égale à 15°C a été calculé sur chaque site. Ceux pour lesquels la durée dépasse 360 heures consécutives (soit 15 jours) sont considérés comme pouvant présenter un risque potentiel important de développement de la PKD.

Les conditions favorables au développement de l'agent pathogène n'ont pas été atteintes sur le cours principal du Giffre en 2010 (figure 5), avec un nombre maximal de 89 heures consécutives sur la station aval (Gif 34). Cependant nous notons la forte augmentation (facteur 6) du nombre d'heures totales durant lesquelles les 15°C sont dépassés entre la station située en amont du barrage de Taninges - Gif 62 (75 heures) et la station située dans le TCC - Gif 41 (474 heures).

L'atteinte du seuil de développement de cette maladie est fortement liée aux conditions thermiques annuelles, cependant l'augmentation du risque que l'on peut noter sur les résultats du suivi 2009-2010 est corroborée par les résultats obtenus lors de la recherche spécifique de la PKD chez les individus juvéniles de truites réalisée conjointement à l'évaluation de l'efficacité du repeuplement dans les rivières de Haute-Savoie. En effet, la campagne réalisée en 2002 sur le bassin du Giffre a mis en évidence **la présence de PKD sur le cours principal du Giffre mais uniquement en aval du Barrage de Taninges** ainsi que sur certains affluents (Caudron *et al.*, 2003).

En outre, ceci montre l'intérêt de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites au vu également de la mise en évidence récente de sites infectés en Grande Bretagne (Feist *et al.*, 2002) et en Suisse (Wahli *et al.*, 2002) où la PKD est considérée sur certains secteurs comme responsable du déclin piscicole (Burkhardt-Holm *et al.*, 2002).

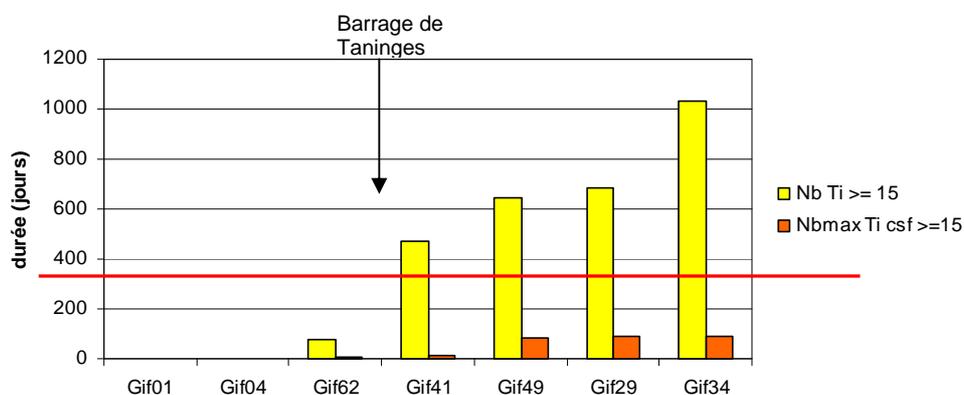


Figure 5 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 7 stations concernées par le suivi annuel 2009-2010 sur le cours principal du Giffre.

III.5) Durée et conditions thermiques du développement embryo-larvaires

Une estimation de la durée totale (50% d'alevins émergents) de vie sous graviers des œufs et alevins vésiculés a été calculée selon la méthode proposée par Crisp (1992). La date médiane de ponte a été fixée au 15 décembre en accord avec les observations actuellement disponibles sur différents cours d'eau de Haute-Savoie (Champigneulle *et al.*, 1988 sur le Redon, Champigneulle *et al.*, 2003 sur le ruisseau de Chevenne ; Caudron, données non publiées sur le Fier).

Une fois la durée de la phase de développement embryo-larvaire évaluée, les conditions thermiques pendant cette phase ont été plus précisément étudiées. Ainsi, les séquences de temps où la température présentait des valeurs inférieures à 1,5°C ou supérieures à 15°C ont été recherchées. En accord avec Humpesch (1985), les températures moyennes journalières de 1,5°C et de 15°C peuvent être considérées comme des valeurs limites à partir desquelles le taux de survie embryo-larvaires est fortement affecté.

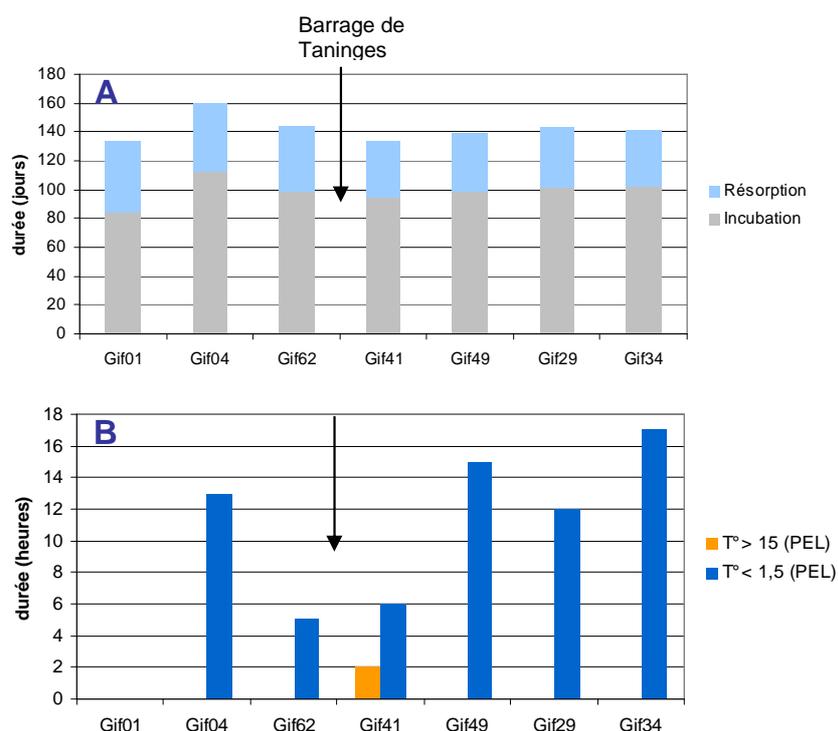


Figure 6 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) (A) et durée en heures des séquences maximales durant lesquelles la température est restée au-dessous de 1,5°C et au-dessus de 15°C pendant la période du développement embryo-larvaire (B) sur les 7 stations concernées par le suivi annuel 2009-2010 sur la cours principal du Giffre.

Les durées de vie sous gravier observées sur l'ensemble des stations étudiées ne font pas ressortir de secteur où la réussite du recrutement naturel pourrait être limitée par une phase embryo-larvaire trop prolongé (figure 6A).

D'autre part, si la majorité des stations (excepté Gif01) atteignent sur de courtes périodes des températures inférieures au seuil critique des 1,5°C, seule la station Gif 41 présente également des températures supérieures au seuil des 15°C (figure 6B).

Au regard des résultats obtenus par le croisement des données thermiques (304 stations) et taux de recrutement naturel (115 stations) dont nous disposons sur le département (Caudron & Champigneulle 2007), il s'avère que le seuil inférieure des 1,5°C relevé sur l'eau de surface n'est pas forcément discriminant, étant donné la probable différence de température entre eau de surface et intra-gravier. L'atteinte du Seuil de 15°C durant la période de vie sous gravier.

Concernant l'atteinte du seuil supérieur, nous noterons simplement qu'il n'est que rarement constaté, sans juger de son l'impact réel sur la réussite du recrutement naturel.

IV) Premières conclusions et perspectives :

Les résultats obtenus pour les différentes variables étudiées montrent clairement que le barrage de Taninges a un effet structurant sur le régime thermique du cours principal du Giffre notamment durant la période estivale. Cependant, quelque soit la variable considérée, le passage du débit total au débit réservé matérialisé par le barrage de Taninges correspond à une dégradation plus ou moins forte mais SYSTEMATIQUE des conditions thermiques du milieu vis-à-vis des exigences écologiques de la truite commune qui est l'espèce historiquement (Kreitmann, 1931) et théoriquement dominante sur cette rivière.

En effet, nous notons une nette augmentation de la sensibilité du milieu aux températures extérieures dans le TCC, qui peut être liée à l'effet de retenue au niveau du barrage d'une part et à l'effet débit réservé d'autre part. La faiblesse du débit réservé qui est actuellement de 422 l/s (1/40ème du module) et le mode de fonctionnement du barrage (peu de capacité de stockage) tend à privilégier son influence dans ce processus de dégradation thermique du milieu qui se traduit par un effet négatif pour la truite fario dans la plupart des variables étudiées et implique plus particulièrement :

- Une augmentation artificielle et importante de variables thermiques entre l'amont du barrage de Taninges et le TCC au niveau de pont de Boche. Cette augmentation est mesurée aussi bien sur les variables thermiques:
 - instantanées : +3,3°C pour la température maximale instantanée,
 - que moyennes :
 - + 2°C sur les températures moyennes journalières durant la période estivale soit un passage de 11°C à 13°C de moyenne sur cette période qui correspond à une augmentation de 20%,
 - +2,24°C sur moins de 3 kilomètres qui provoque une augmentation artificielle du biotype (Verneaux, 1973) d'un niveau typologique (B4 au lieu de B3+ au maximum,) très majoritairement portée par une augmentation considérable de la température moyenne des 30 jours les chauds (Renoy, 2002 ; GEN-Tereo, 2008).
- Une atteinte de température au-delà du seuil de confort (19°C), voire même des températures létales (25°C) pour la truite fario dans le TCC uniquement,
- Une augmentation du risque pathogène liée au réchauffement constaté dans le TCC qui favorise le développement PKD pouvant affecter les juvéniles. Cette augmentation du risque associé au barrage est par ailleurs confirmée par l'observation des symptômes de PKD sur les juvéniles de truite sur le cours principal du Giffre uniquement en aval du barrage de Taninges en 2002 (Caudron *et al.*, 2003).
- Un effet possible sur le développement embryo-larvaire par l'atteinte des 2 seuils susceptibles d'affecter la survie embryo-larvaire, actuellement considéré comme minime.

Ce suivi sera reconduit sur plusieurs années, ce qui permettra de disposer de données sur le régime thermique du Giffre dans des conditions plus contrastées, les variations inter-annuelles liées aux conditions climatiques (températures de l'air, régime de précipitation,...) pouvant être importantes en ce qui concerne le paramètre température. En ce sens, l'été 2010 ayant bénéficié de précipitations régulières, les conditions thermiques de cette première campagne n'est pas caractéristique des conditions thermiques les plus limitantes.

Parallèlement, il semble important de récolter des données sur ses principaux affluents afin de connaître leurs caractéristiques thermiques et de comprendre leurs interactions avec le régime thermique du Giffre.

Enfin, la discrimination des effets thermiques respectifs liés à la stagnation dans le barrage et à la diminution de débit dans le TCC, pourrait facilement être réalisée par le biais de test *in-situ* couplant des mesures de températures à différentes configurations de débits réservés dans le TCC.

NOTA BENE : les conclusions et perspectives ne traitent que des effets affectant le régime thermique du milieu. Les impacts du débit réservé sur la capacité d'accueil du milieu : disponibilité des habitats pour les espèces présentes, fonctionnalité hydrologique du milieu ... ; mis en évidence part ailleurs (Renoy, 2002) ne sont pas considérés dans ce rapport qui ne traite que de l'aspect thermique.

BIBLIOGRAPHIE

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

Anderson C.L., Canning E.U., Okamura B., 1999. 18S rDNA sequences indicate that PKX organism parasites bryozoa. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 94-97.

Burkhardt-Holm P., Peter A. Segner H. (2002) Decline of fish catch in Switzerland. Project fishnet : a balance between analysis and synthesis. *Aquatic Sciences* 64, 36-54.

Canning E.U., Curry A., Feist S.W., Longshaw M. Okamura B., 1999. *Tetracapsula bryosalmonae* n. sp. for PKX organism the cause of PKD in salmonid fish. *Bulletin of the European association of fish pathologists*, 19, 203-206.

Caudron A., Champigneulle A., Vulliet J.P., 2003. Evaluation de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-savoie. Campagne 2002. Rapport SHL 237 et FDP74.03/06

Caudron A. & Champigneulle A., 2007. Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie. Rapport final 2002-2006. Rapport SHL 274-2007 et FDP74.07/06. 68p+annexes.

Champigneulle A. Melhaoui M., Maise G., Baglinière J.-L., Gillet C., Gerdeaux D., 1988. Premières observations sur la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Redon, un petit affluent frayère du Lac Léman. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 310, 59-76.

Champigneulle A., Largiader C.R., Caudron A., 2003. Reproduction de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le torrent de chevenne, Haute-Savoie. Un fonctionnement original ? *Bulletin Français de Pêche et Pisciculture*, 369, 41-70.

Crisp D.T., 1988. Prediction, from water temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonids embryos. *Freshwat. Biol.*, 19, 41-48.

Crisp D.T., 1989. Use of artificial eggs in studies of washout depth and drift distance for salmonid eggs. *Hydrobiologia*, 178, 155-163.

Crisp D.T., 1992. Measurement of stream water temperature and biological applications to salmonid fishes, grayling and dace. *Freshwater biological association, occasional publication N°29*, 72p.

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

Dumoutier Q., Vigier L. & 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 disponible sur : http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5

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. *J.Anim.Ecol.* 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.

Feist S.W., Peeler E.J., Gardiner R., Smith E., Longshaw M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids from rivers in England and Wales. *Journal of Fish Diseases*, 25, 451-458.

Gay M., Okamura B., De Kinkelin P., 2001. Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46, 31-40.

Gen-Tereo, 2008. Contrat de rivière Giffre et Risse ; Volet B : étude piscicole, 67p.

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

Jungwirth M. Winkler H., 1984. The temperature dependance of embryonic-development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*) arctic char (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 38, 315-327.

Renoy M., 2002. Diagnose écologique du Giffre. Rapport FDP74.02. 45p. + annexes.

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

Verneaux, 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.

Wahli T., Knuesel R., Bernet D. Segner H. Pugovkin D., Burkhardt-Holm P. Escher M., Schmidt-Posthaus H., 2002. Proliferative kidney diseases in Switzerland: current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases*, 25, 491-500.

Autres rapports traitant de la qualité thermique des cours d'eau de Haute-Savoie disponibles sur notre site internet :

Caudron A., 2006. Etude de la qualité thermique du Foron de Gaillard – Données 2004-2005. Rapport FDP74.06/02. 12p + annexes.

Vigier L. & Caudron A., 2007a. Etude de la qualité thermique du Redon et du Pamphiot – Données 2006-2007. Rapport FDP74.07/04. 17p + annexes.

Vigier L. & Caudron A., 2007b. Etude de la qualité thermique de la Menoge – données 2005-2006. Rapport FDP74.07/02. 20p + annexes.

Vigier L. & Caudron A., 2007c. Etude de la qualité thermique du Foron de Gaillard – étude de l'impact du lac de Machilly Données 2006-2007. Rapport FDP74. 07/03. 11p + annexes.

Vigier L., Catinaud L. & Caudron A., 2007. Etude de la qualité thermique des affluents du Chéran Haut-Savoyard – Données 2005-2006. Rapport FDP74.03/07. 22p + annexes.

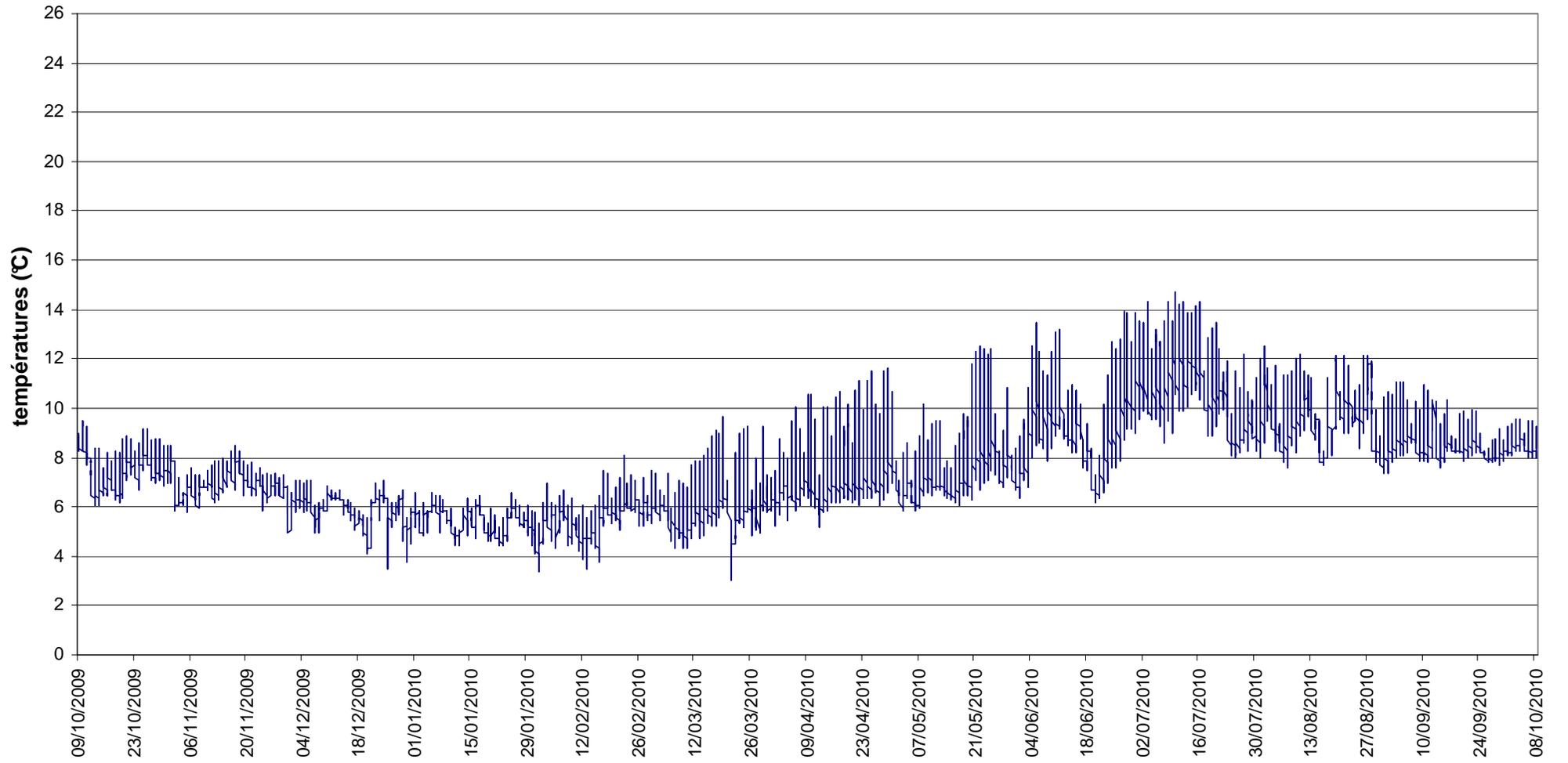
Vigier L., Huchet P. & Caudron A., 2007. Etude de la qualité thermique du Chéran Haut-Savoyard – Données 2004-2005. Rapport FDP74.07/01. 18p + annexes.

Vigier L., 2006. Diagnose écologique et recherche des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reigneir. Rapport FDP74.06/04. 51p + annexes.

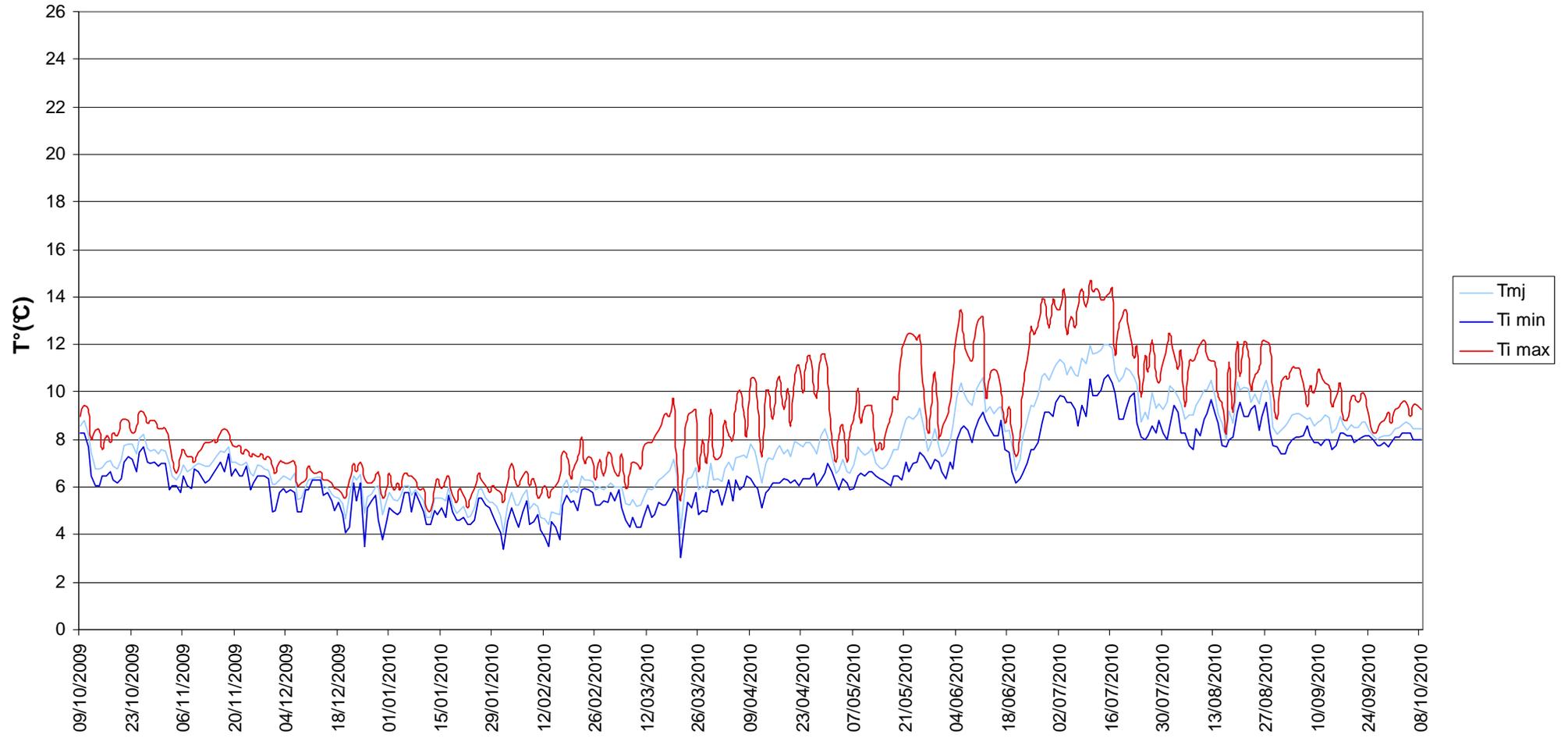
ANNEXES

- Annexe 1 : **Données thermiques brutes de chaque station étudiées sur le cours principal du Giffre** : graphiques des données horaires du 09/10/2009 au 08/10/2010
- **Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 7 stations étudiées sur le cours principal du Giffre**

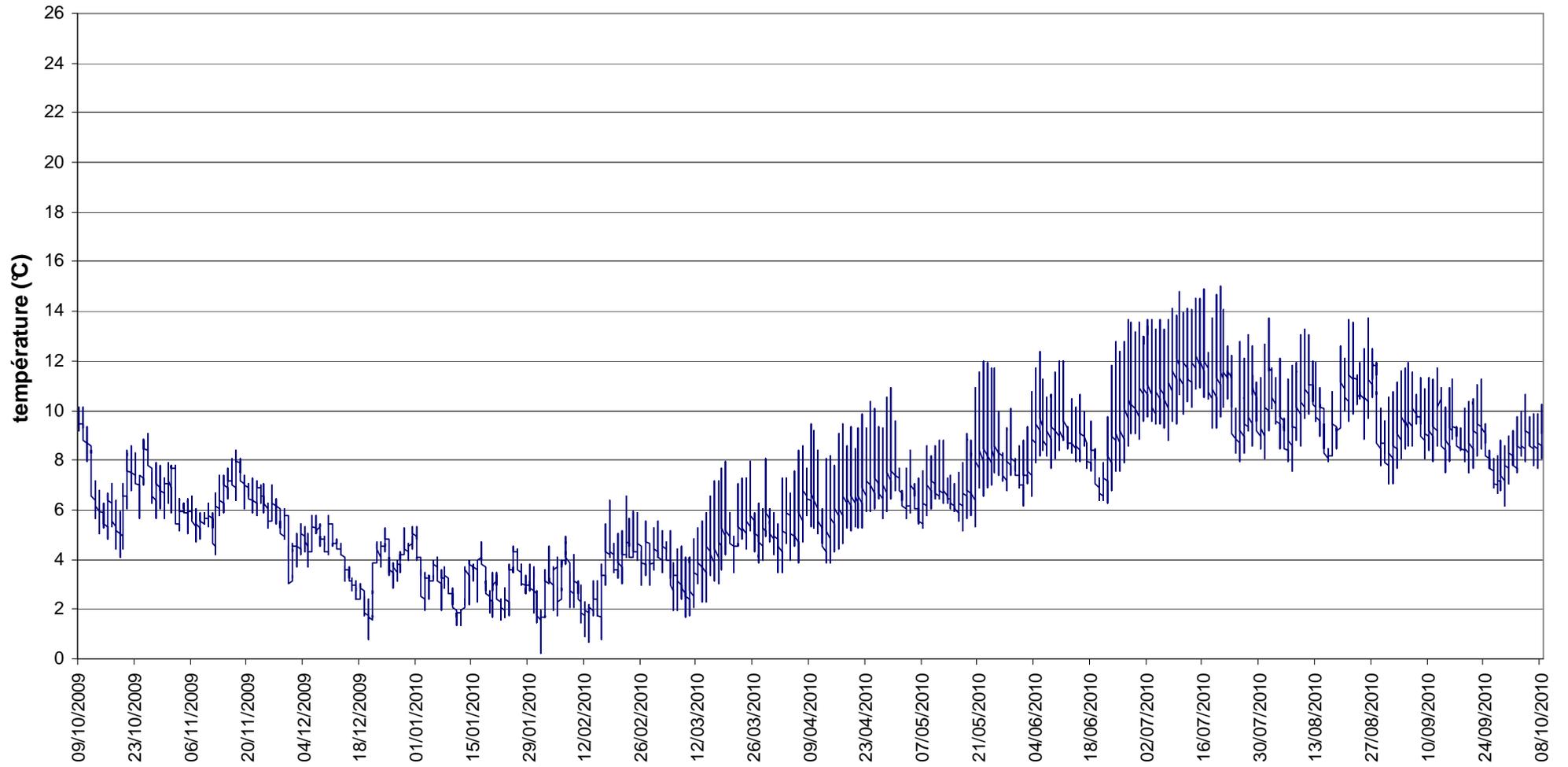
Gif01



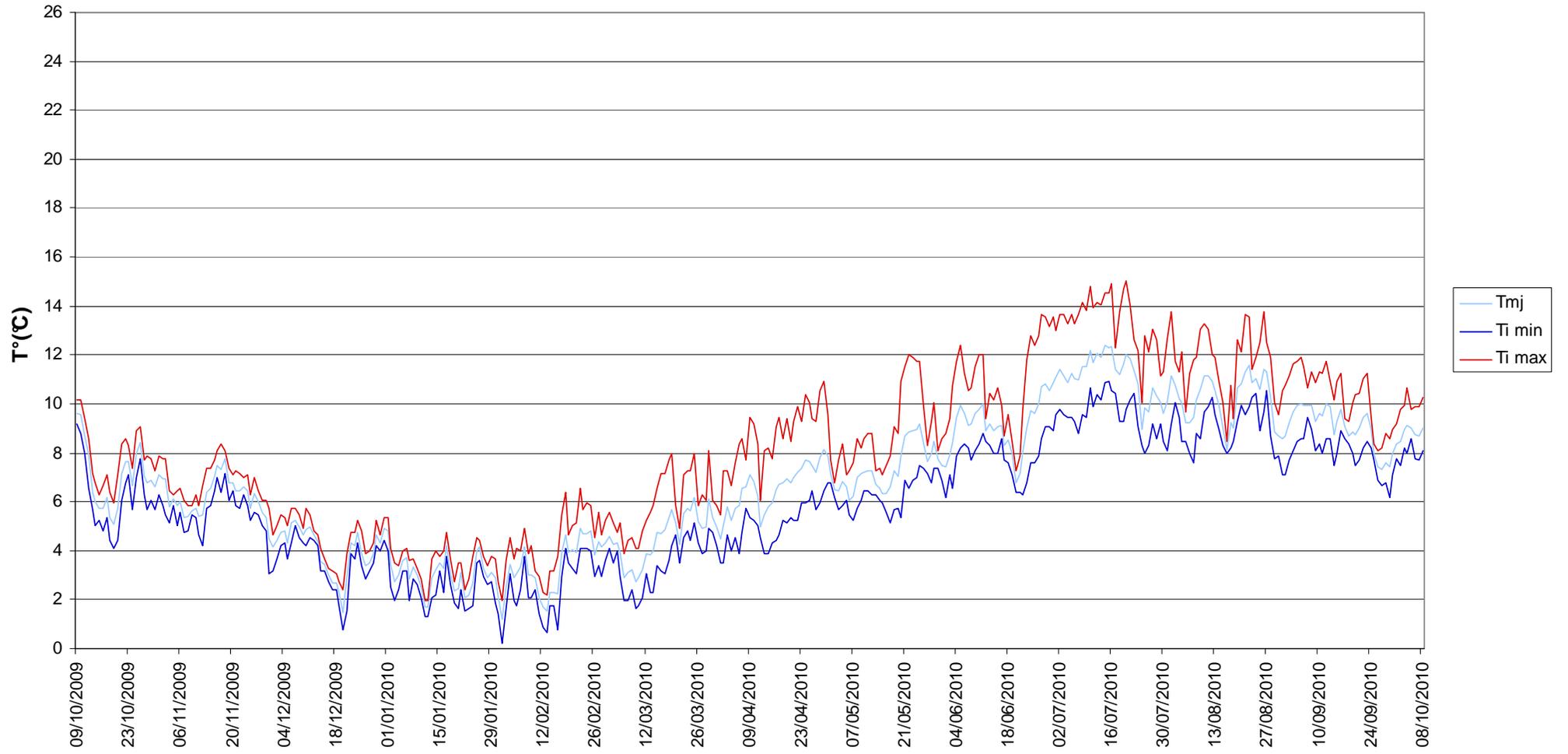
Gif01



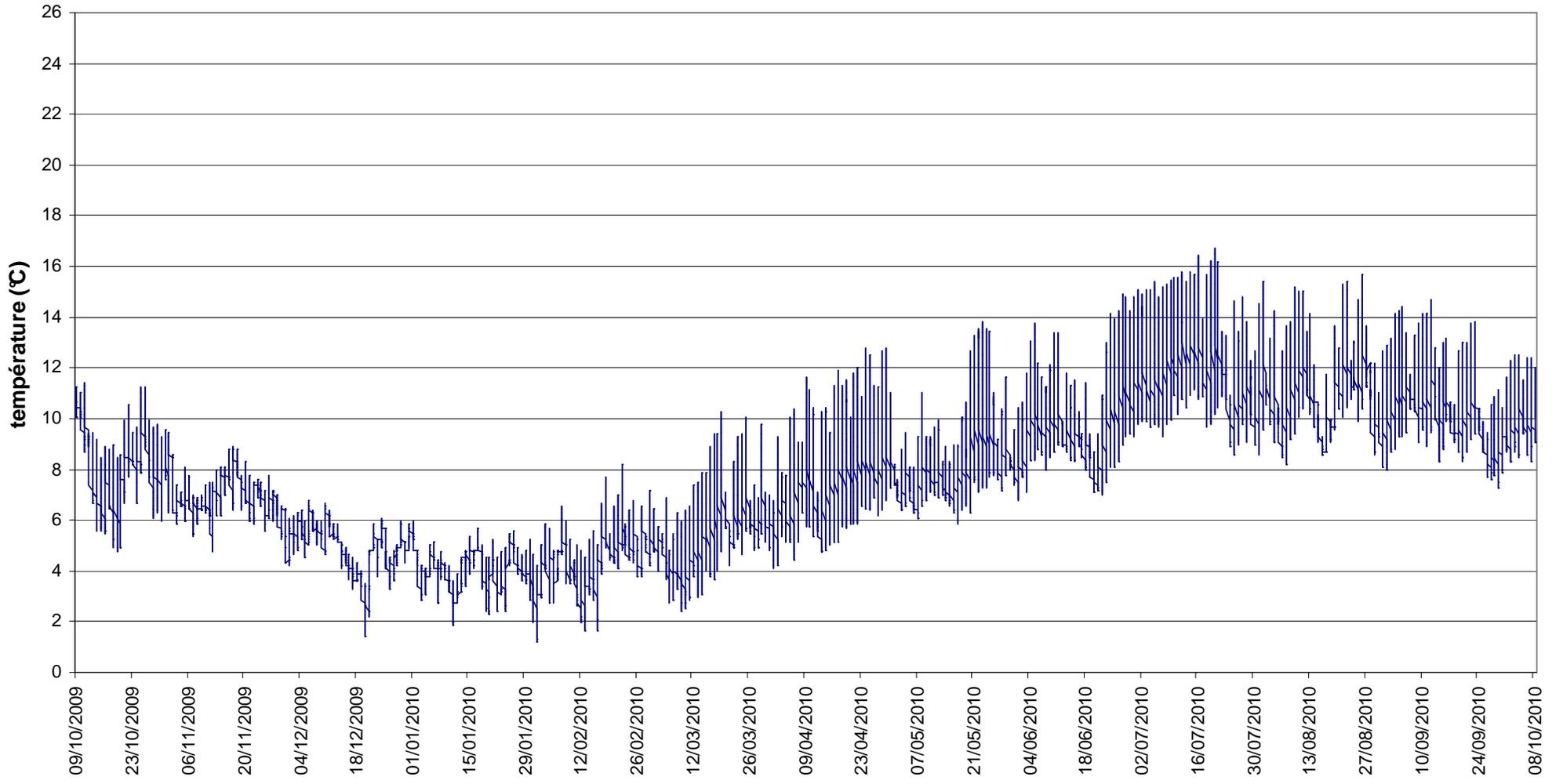
Gif04



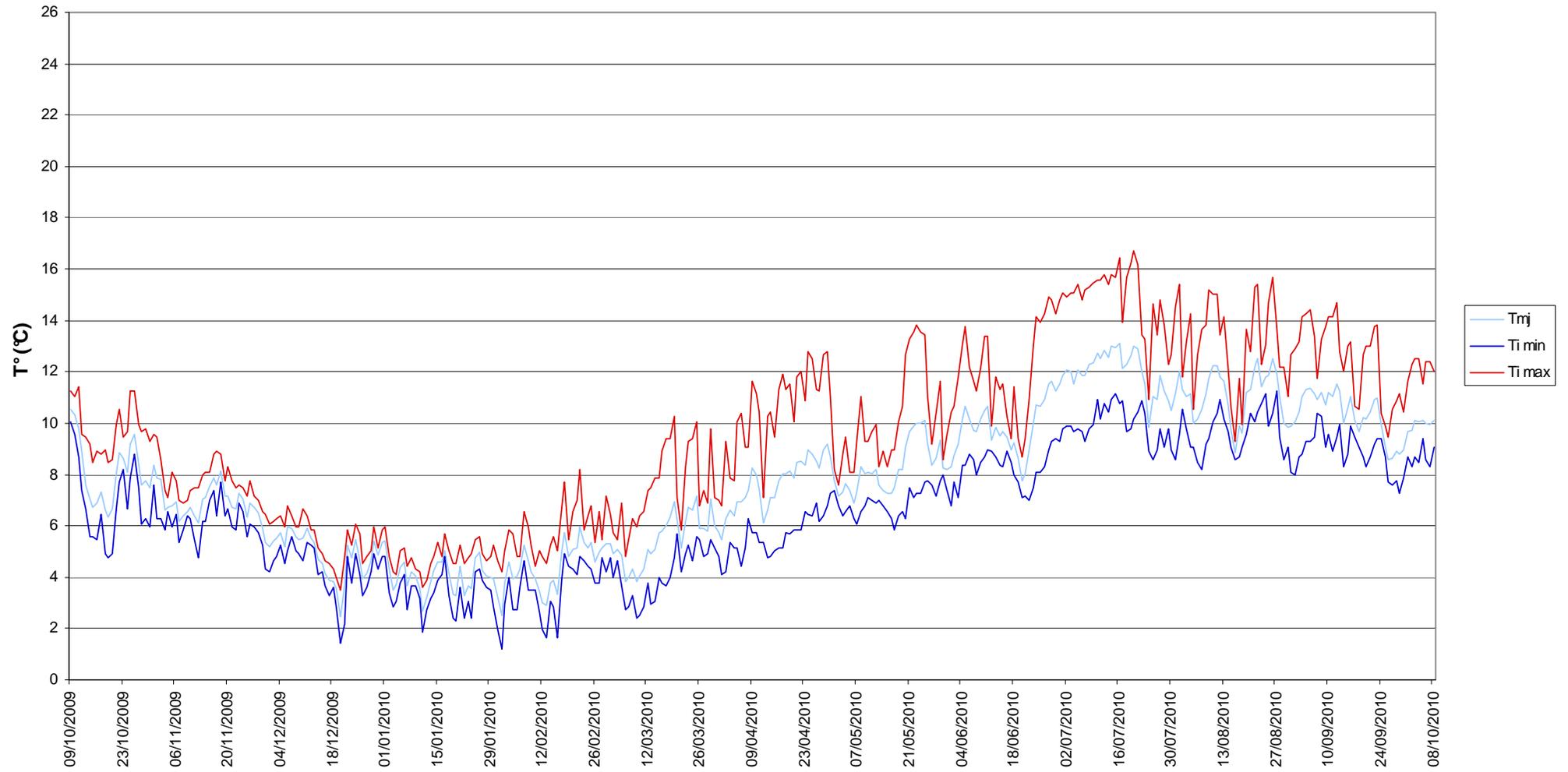
Gif04



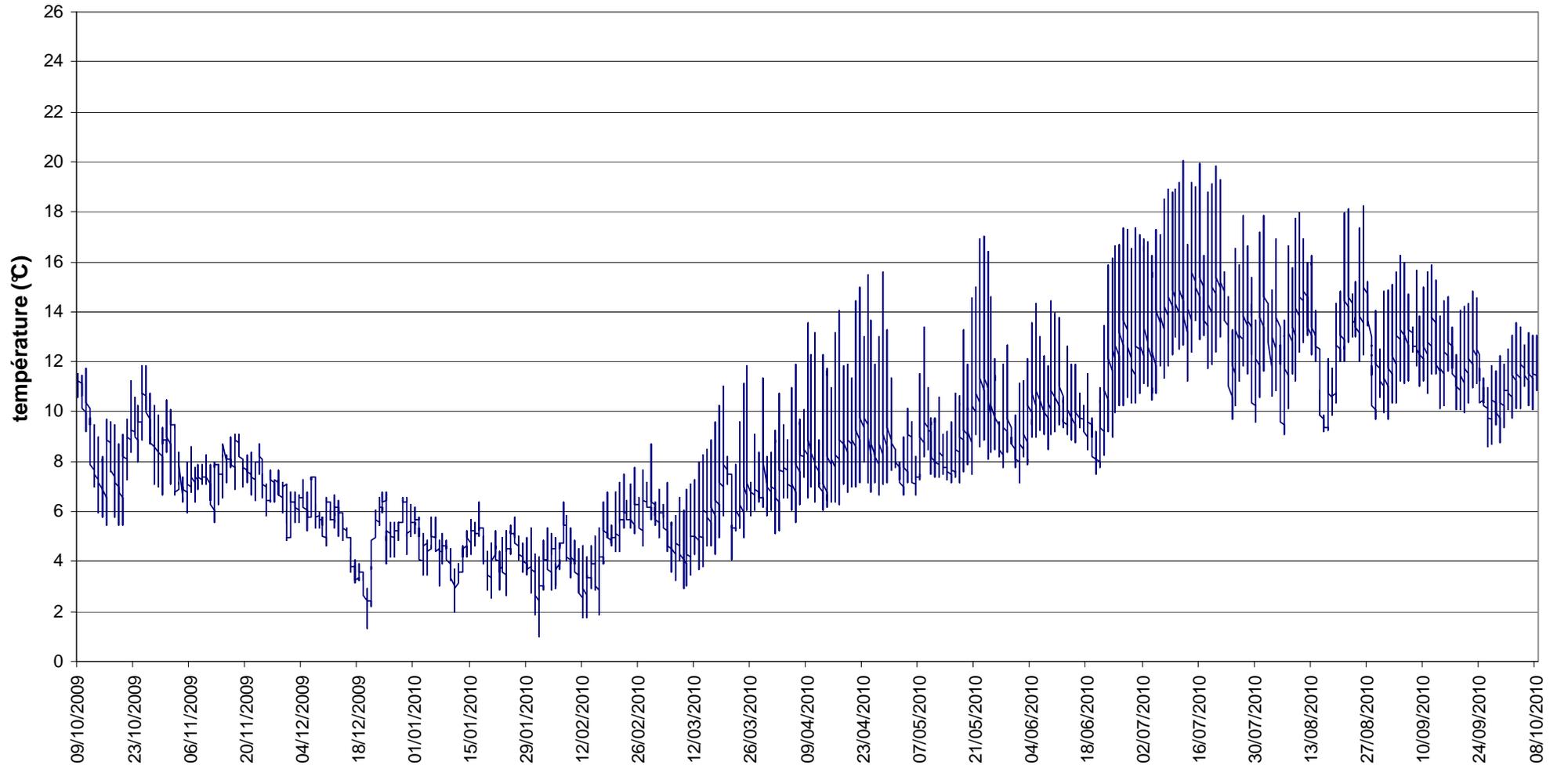
Gif62



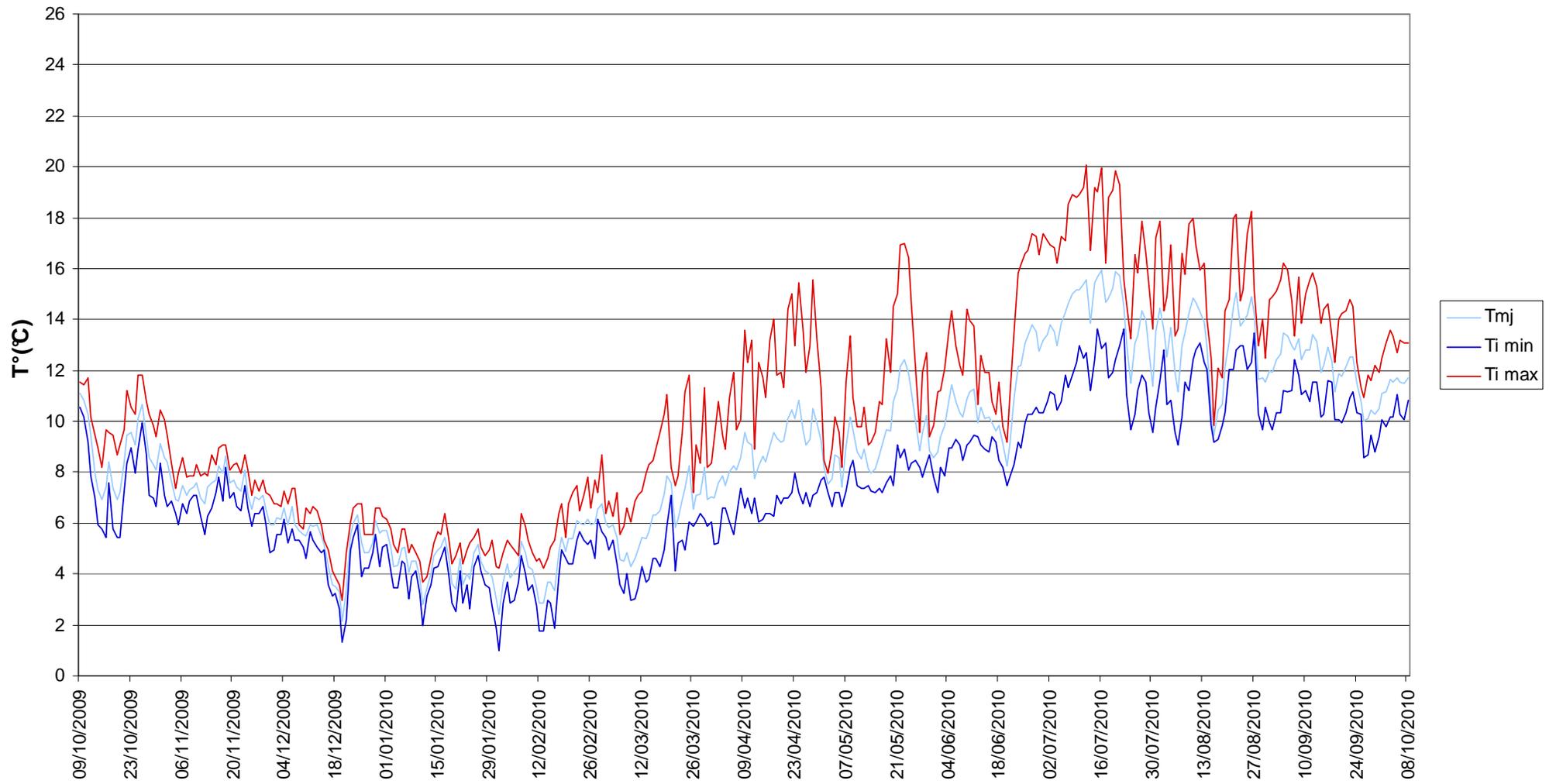
Gif62



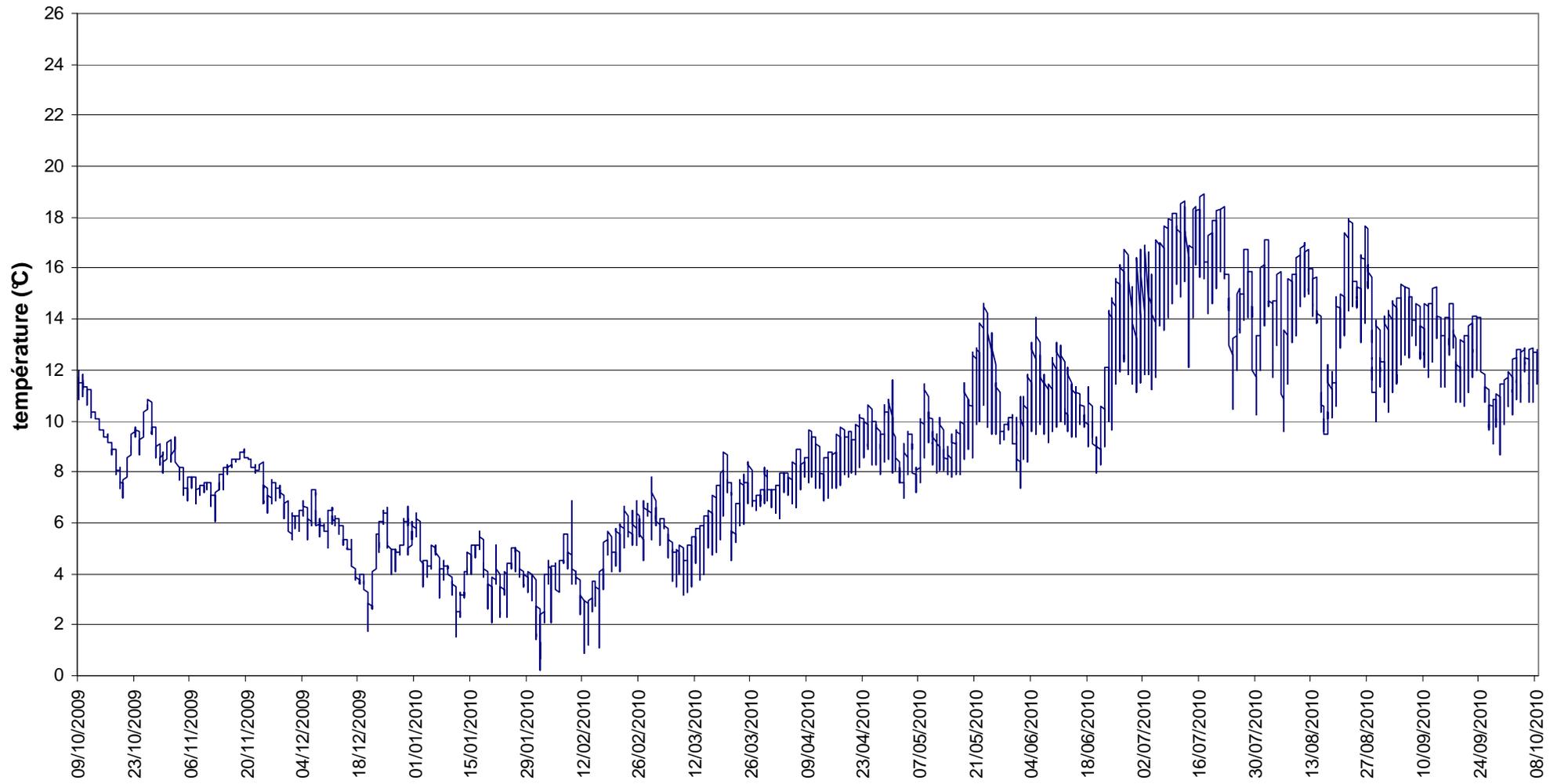
Gif41



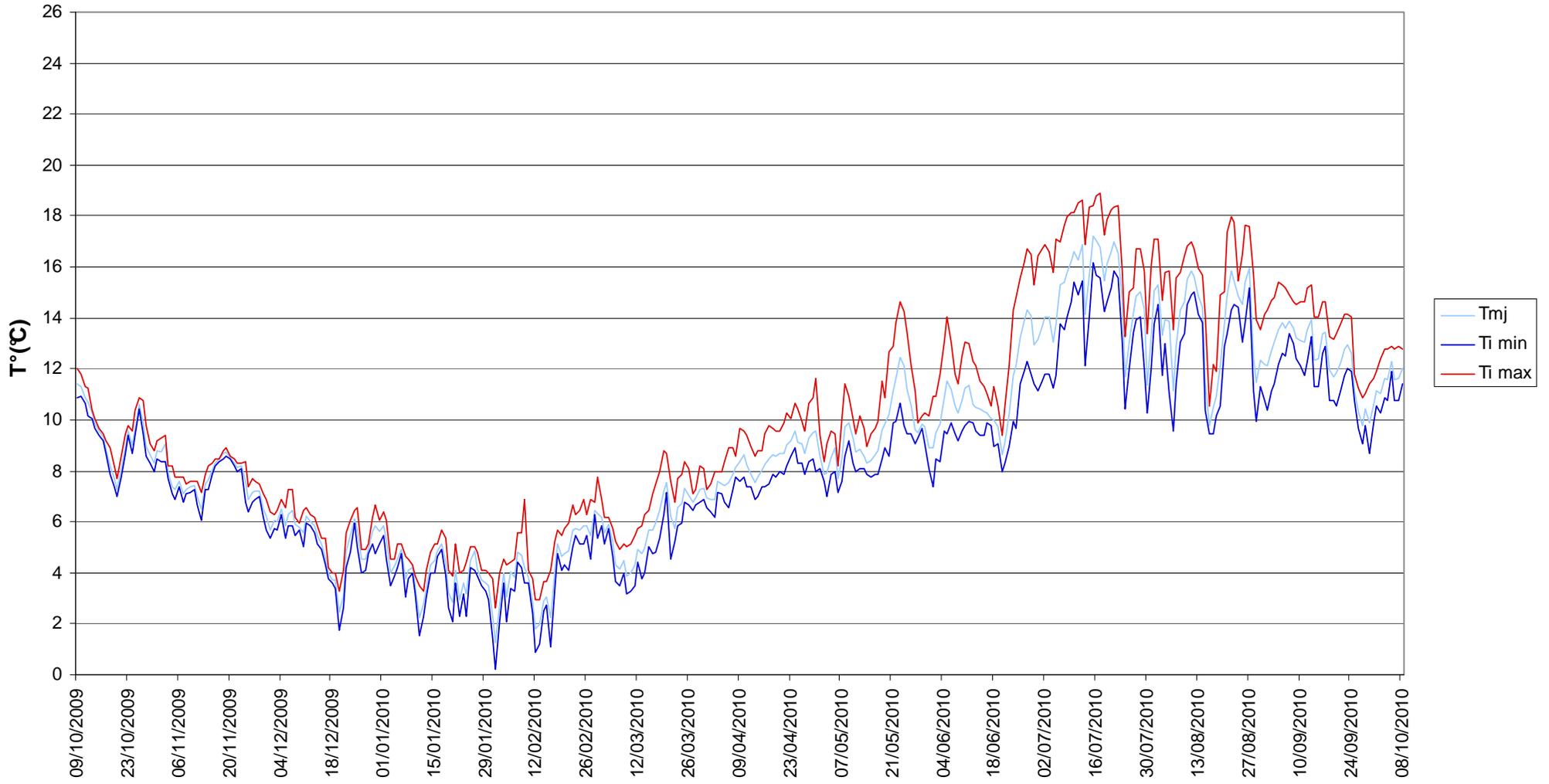
Gif41



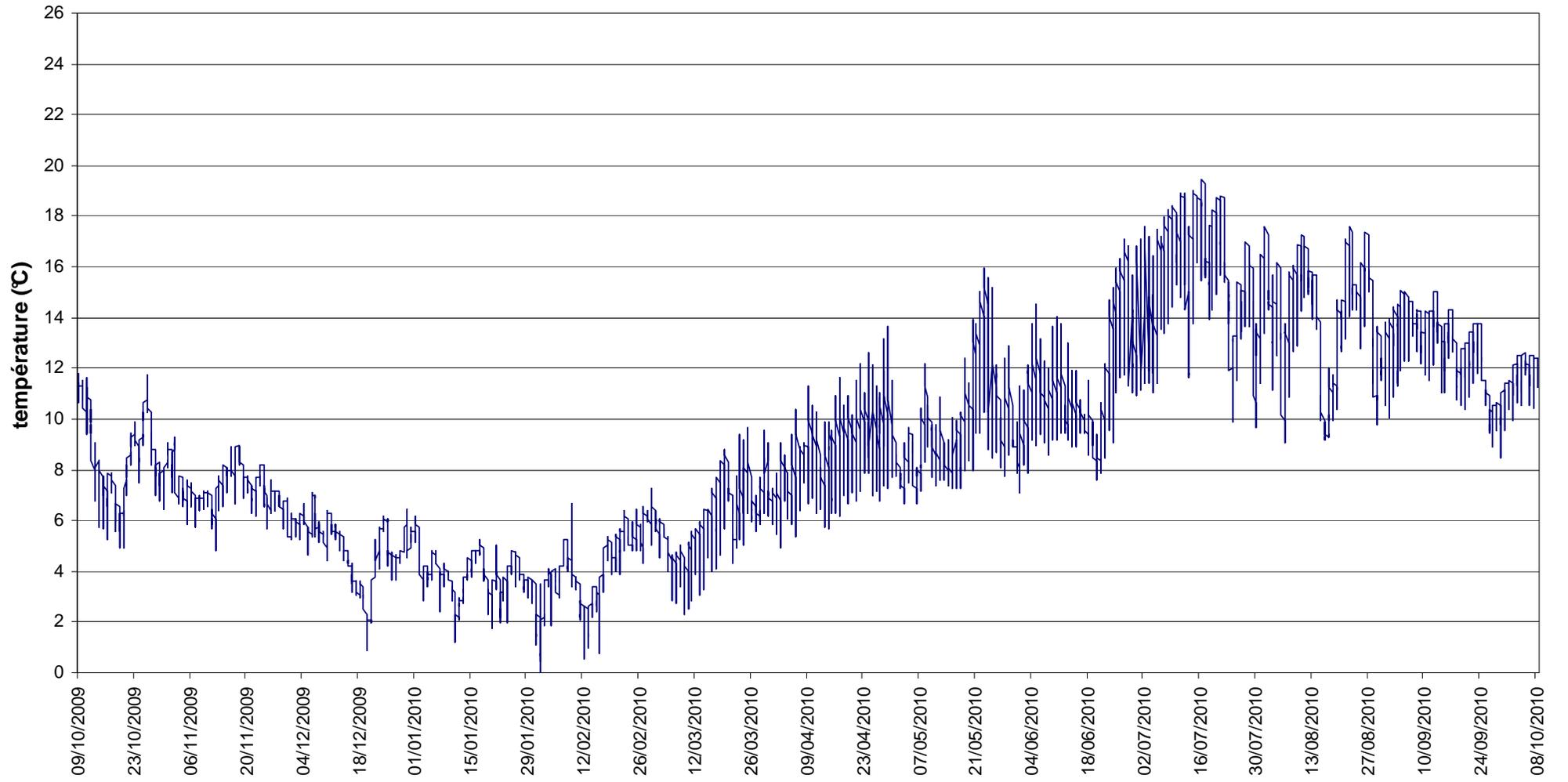
Gif49



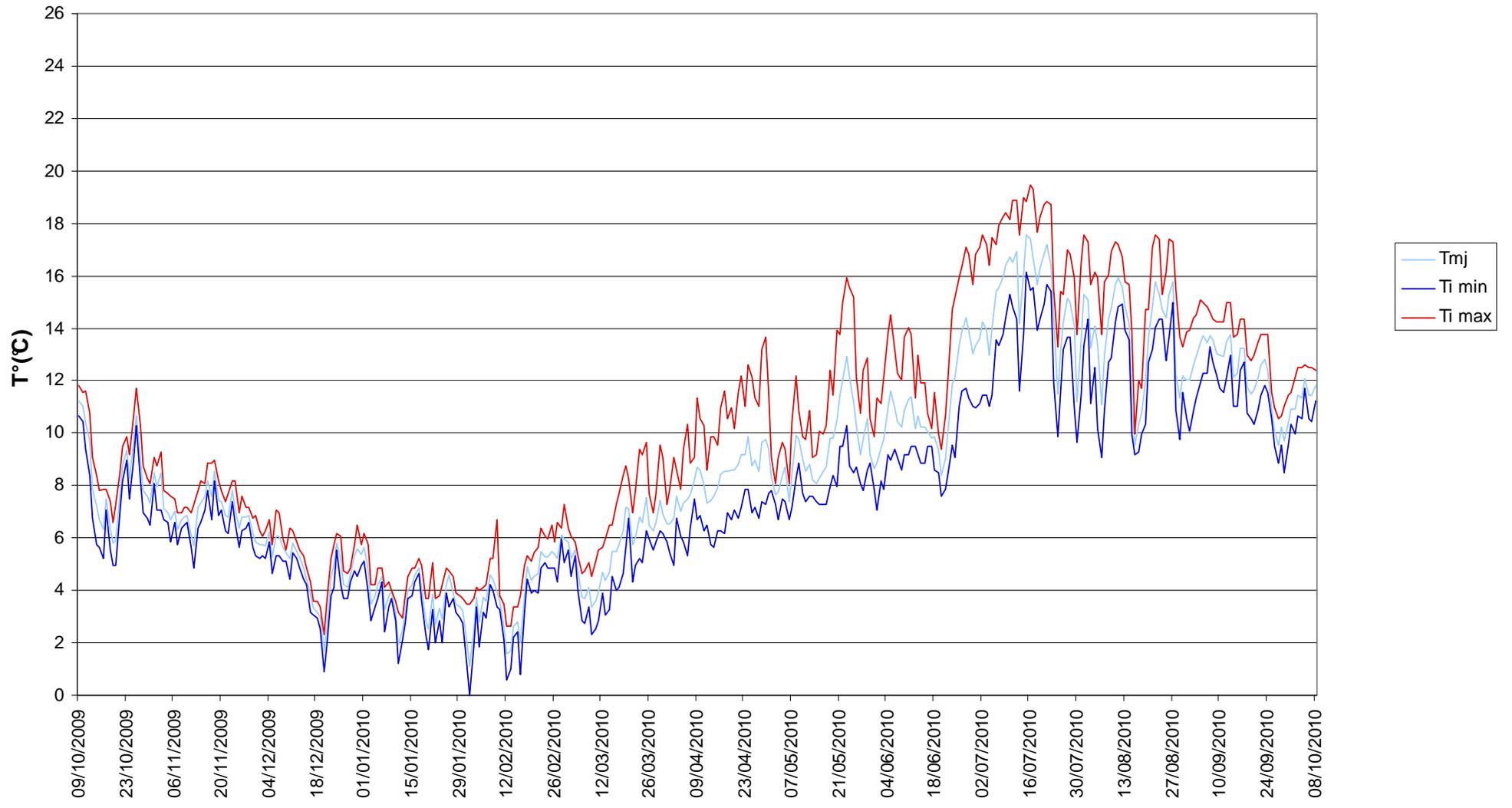
Gif49



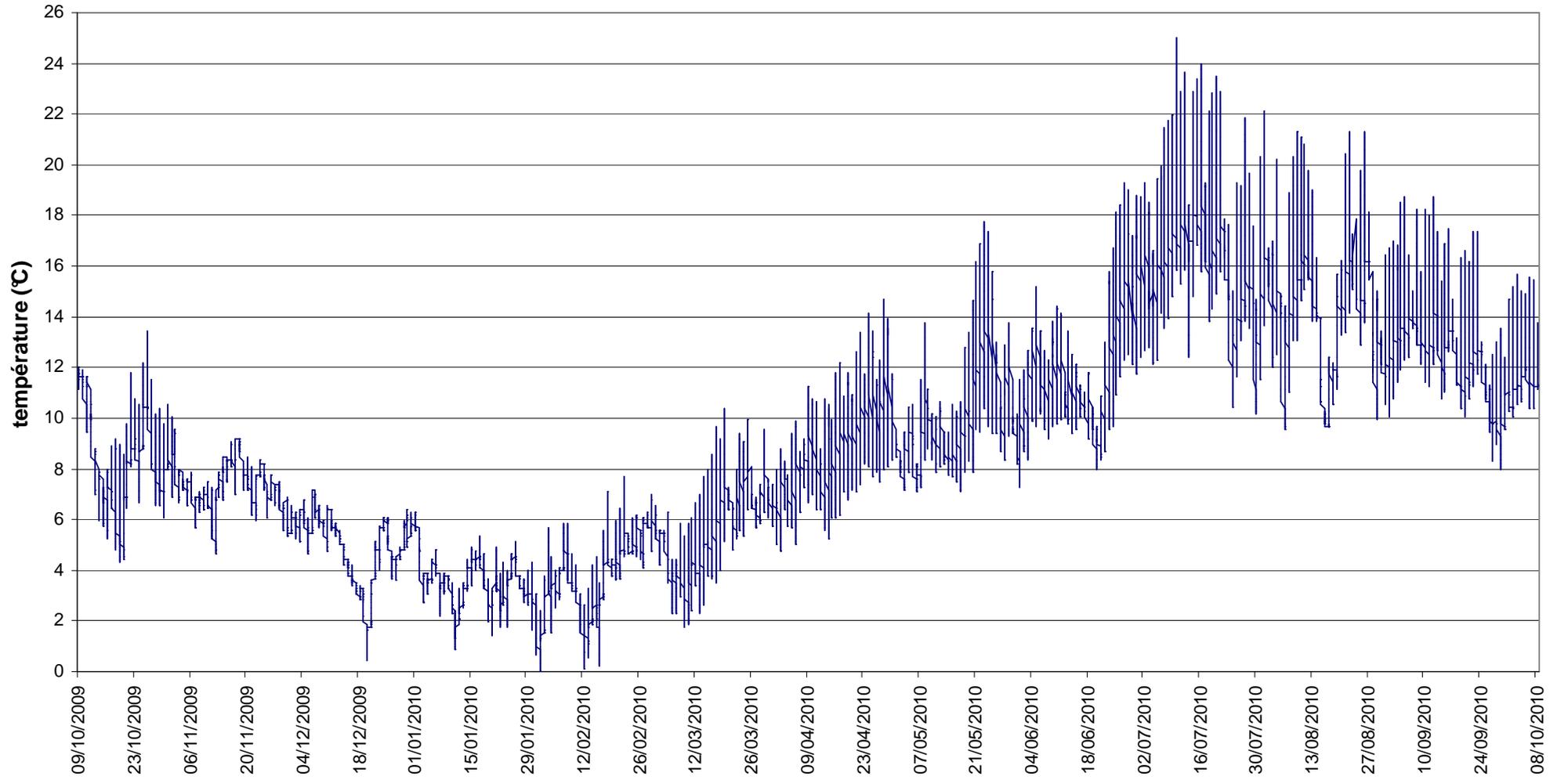
Gif29



Gif29



Gif34



Gif34

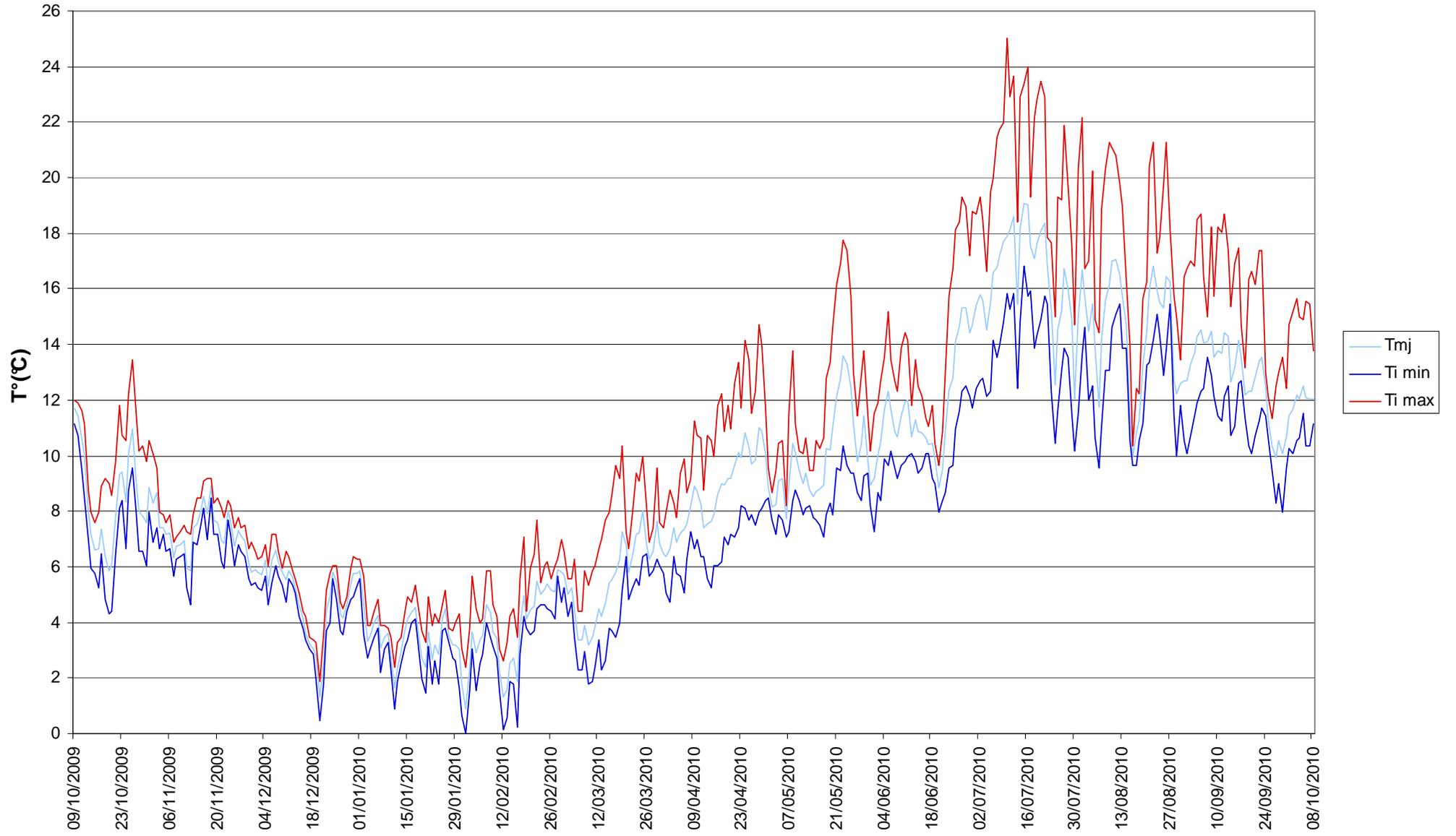


Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 7 stations étudiées sur le cours principal du Giffre.

CodSta FD	Ti max	ATmj	Tm30j max	Nbj Tmj 4-19	Tmj<4	Tmj 4- 19	Tmj>19	Nb Ti > 19	Nbmax Ti csf > 19	Nb Ti >= 25	Nb Ti >= 15	Nbmax Ti csf >=15	Incubati on	Résorpt ion	T°> 15 (PEL)	T°< 1,5 (PEL)
Gif01	14,7	7,9	10,95	365	0	100	0	0	0	0	0	0	84	50	0	0
Gif04	15	11,2	11,28	296	19	81	0	0	0	0	0	0	112	48	0	13
Gif62	16,7	10,6	12,08	331	9	91	0	0	0	0	75	7	99	45	0	5
Gif41	20	13,7	14,32	342	6	94	0	15	4	0	474	14	95	39	2	6
Gif49	18,9	15,9	15,17	331	9	91	0	0	0	0	648	87	99	40	0	15
Gif29	19,5	16,5	15,25	319	13	87	0	4	4	0	684	88	102	41	0	12
Gif34	25	18,1	16,56	313	14	86	1	175	10	1	1032	89	103	38	0	17