



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 QUALITE THERMIQUE DE LA MENOGE

DONNEES 2005-2006

Laure VIGIER
Arnaud CAUDRON

(Réf rapport FDP74.02/07)

Avril 2007

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 (présence de plan d'eau, tronçon court circuité,...).

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 bassin de la Menoge (affluent de l'Arve) qui a eu lieu au cours des années 2005-2006.

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 19 stations différentes. Sur chaque station, le suivi a été réalisé sur un cycle annuel complet au pas de temps horaire à l'aide de thermographes enregistreurs stowaway tidbit. Les enregistreurs ont été posés par Denis Lyonnaz (AAPPMA Chablais-Genevois) et Anthony Large (FDP74) au mois de juin 2005 et récupérées par Arnaud Caudron (FDP 74) et Laure Vigier (FDP 74) en juin 2006. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 09/06/2005 et le 08/06/2006.

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 différentes (Tableau 1).

Tableau 1 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température récoltées sur la Menoge.

Nom variable	Description
T Mini H	Valeur de la température instantanée minimale relevée pendant le cycle annuel
T Maxi H	Valeur de la température instantanée maximale relevée pendant le cycle annuel
T Moy An	Moyenne sur l'année des températures instantanées relevées pendant le suivi
Amplitude An H	Différence entre les températures instantanées minimale et maximale relevées pendant le suivi
T An Min moyJ	Valeur de la température moyenne journalière la plus basse pendant le suivi annuel
T An Max moyJ	Valeur de la température moyenne journalière la plus élevée pendant le suivi annuel
Amplitude An moyJ	Différence entre les températures moyennes journalières minimale et maximale calculées
Date T Max moyJ	Date du jour présentant la température moyenne la plus élevée
T Moy 30 J	Valeur de la température moyenne calculée sur les 30 jours les plus chauds (Verneaux, 1973)
NbJ T4-19	Nombre de jours où la température est comprise entre 4 et 19°C (préférendum thermique de la truite fario selon Elliott, 1975 et Crisp, 1996)
Date T<4 moyJ	Date à laquelle la température moyenne journalière passe sous 4°C pendant le suivi annuel
Date T>4 moyJ	Date à laquelle la température moyenne journalière passe au dessus de 4°C pendant le suivi annuel
NbH = 25	Nombre d'heure totale calculée pendant le suivi annuel où la température instantanée est supérieure ou égale à 25°C (valeurs pouvant être considérées comme létales pour les juvéniles ou les adultes d'après Varlet, 1967; Alabaster et Lloyd, 1980 ; Elliott, 1981; Crisp, 1996)
Nb Seq = 25	Nombre de séquence où la température reste supérieure ou égale à 25°C pendant le suivi annuel
NbH Max Seq = 25	Nombre d'heure de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 25°C pendant le suivi annuel
NbH = 19	Nombre d'heure totale calculée pendant le suivi annuel où la température instantanée est supérieure ou égale à 19°C (maximum du préférendum de la truite fario)
Nb Seq = 19	Nombre de séquence où la température reste supérieure ou égale à 19°C pendant le suivi annuel
NbH Max Seq = 19	Nombre d'heure de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 19°C pendant le suivi annuel
NbH = 15	Nombre d'heure totale calculée pendant le suivi annuel où la température instantanée est supérieure ou égale à 15°C (valeur de température favorable à l'infection des truites fario par la PKD)
Nb Seq = 15	Nombre de séquence où la température reste supérieure ou égale à 15°C pendant le suivi annuel
NbH Max Seq = 15	Nombre d'heure de la séquence maximale où la température reste supérieure ou égale à 15°C pendant le suivi annuel
NbJ D2	Durée en jours de la période d'incubation des œufs (de la fécondation à l'éclosion) calculée à partir d'une date de ponte médiane fixée au 15 décembre en utilisant l'équation de Crisp (1989)
NbJ Résorp	Durée en jours de la période de résorption de la vésicule vitelline calculée par D3-D2
NbJ D3	Durée en jours de la période totale de développement embryon-larvaire sous graviers (de la fécondation à l'émergence) calculée à partir d'une date de ponte médiane fixée au 15 décembre en utilisant l'équation de Crisp (1992)
NbH > 12 (D3)	Nombre d'heure totale calculée pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température instantanée est inférieure à 12°C (température max pouvant être considérée comme létale au cours du développement embryon-larvaire)
Nb Seq > 12 (D3)	Nombre de séquence pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste supérieure à 12°C
NbH Max Seq > 12 (D3)	Nombre d'heure de la séquence maximale pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste supérieure à 12°C
NbH < 1 (D3)	Nombre d'heure totale calculée pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température instantanée est inférieure à 1°C (température min pouvant être considérée comme létale au cours du développement embryon-larvaire)
Nb Seq < 1 (D3)	Nombre de séquence pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste inférieure à 1°C
NbH Max Seq < 1 (D3)	Nombre d'heure de la séquence maximale pendant la période de vie sous graviers (D3) où la température reste inférieure à 1°C

II) Localisation des enregistreurs thermiques sur le Bassin de la Menoge

La localisation des 15 enregistreurs et les caractéristiques des stations étudiées sont présentées dans la figure 1 et le tableau 2 ci-dessous.

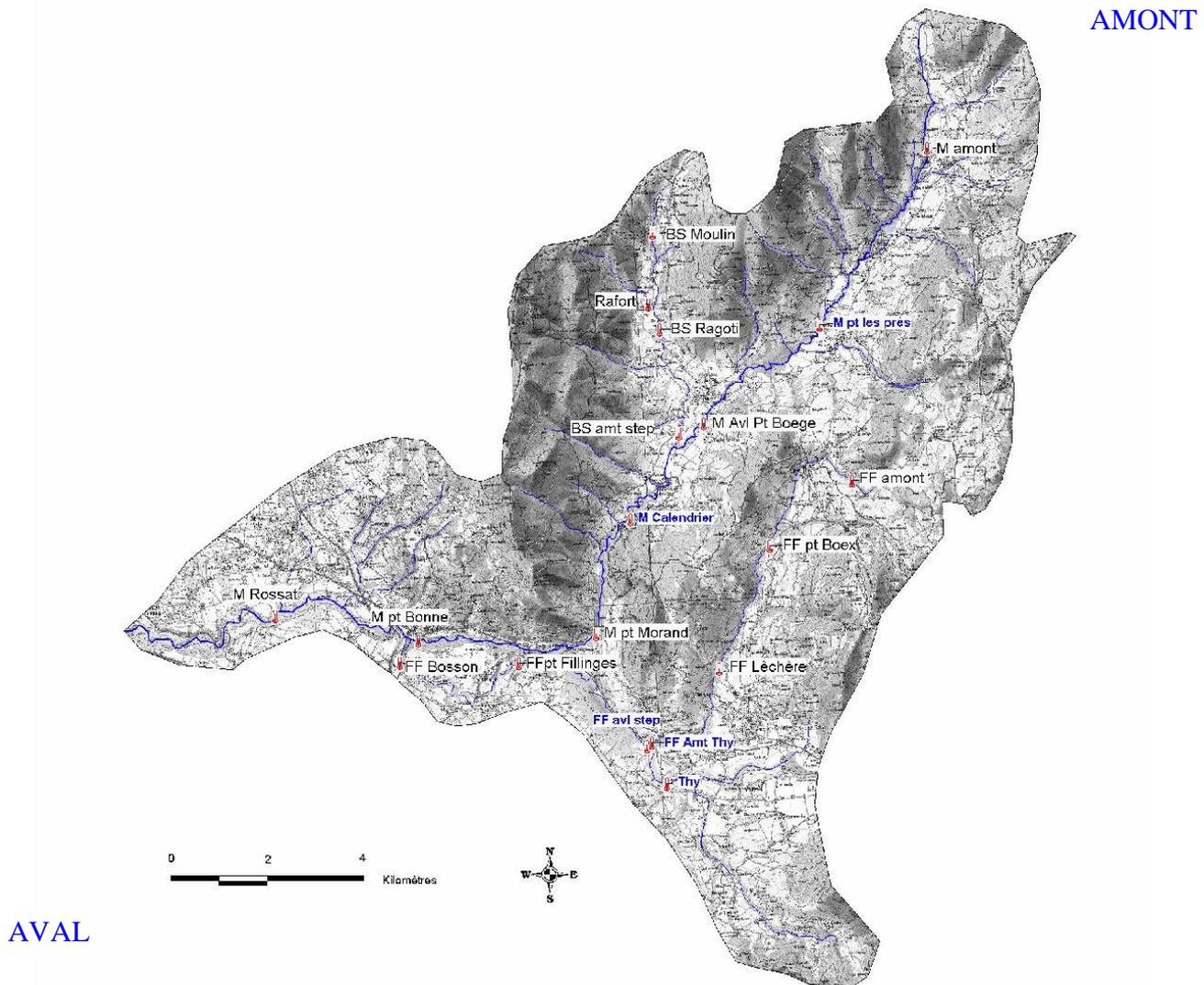


Figure 1 : Localisation géographique des 19 stations étudiées sur le bassin de la Menoge dans le cadre du suivi thermique entre 2005 et 2006. Les enregistrements des 5 stations notées en bleu n'ont pas pu être étudiés.

Tableau 2 : Caractéristiques des stations étudiées sur le bassin de la Menoge dans le cadre du suivi thermique entre 2005 et 2006 et localisation précise des enregistreurs.

sous bassins	stations	localisation	distance à la source (Km)	altitude (m)	remarque
Brevon de Saxel	Rafort	Chez Ranquin, environ 50m en aval du pont.	2,2	772	
	BS Moulin	La Grange du Moulin, environ 80m en aval du pont.	1	800	plage de données aberrantes
	BS Ragoti	Chez Ragoti, environ 30m en aval du pont.	3,15	760	
	BS amt step	en amont de la STEP de Boège, environ 800m en amont de la confluence avec la menoge.	5,65	730	
Foron de Fillinges	FF amont	La Fargueusaz, environ 80m en aval du pont.	0,56	1050	plage de données aberrantes
	FF pt Boex	Environ 50m en amont du pont Boex.	3,65	810	plage de données aberrantes
	FF Lèchère	La lèchère, environ 50m en amont du pont Romain.	6,8	640	
	Thy	Les moulins, environ 50m en amont du pont les Moulins.	3,9	585	sonde hors d'usage
	FF Amt Thy	Environ 60 m en amont de la confluence avec le Thy.	8,5	580	sonde perdue
	FF avl step	Environ 50 m en amont du pont Romain.	8,7	580	plage de données aberrantes trop importante
	FFpt Fillinges	Environ 300 m en aval du pont de Filinges.	12,8	540	plage de données aberrantes
	FF Bosson	Chez Bosson, environ 80 m en aval du pont.	17,1	500	
La Menoge	M amont	Habère poche, environ 40m en amont du pont.	2,8	905	
	M pt les prés	10m en amont du seuil.	7,9	870	sonde hors d'usage
	M Avl Pt Boege	environ 30m en amont du parking du gymnase	11,8	735	plage de données aberrantes
	M Calendrier	Chez Calendrier, 10 m en aval d'une passerelle.	15,2	675	sonde perdue (cru)
	M pt Morand	Pont Morand, environ 20m en aval du pont	18,1	585	
	M pt Bonne	Pont de Bonne, en amont du parking des immeubles.	22,2	500	
	M Rossat	Rossat, en amont immédiat du chemin forestier..	25,9	460	

III) Résultats

III.1) Validation des données

Sur les 19 sondes placées :

- 2 ont été perdues : FF Amt Thy et M Calendrier,
- 2 se sont avérées hors d'usage : Thy et M pt les prés,
- 4 ont été retrouvées hors d'eau lors de la récupération des sondes en juin 2006 : FF pt Fillings, FF avl STEP, FF pt Boex, M avl pt Boege.
- 3 ont été retrouvées en limite hors d'eau : BS Moulin, FF amont, M pt Morand.

L'observation des graphiques des données thermiques brutes (valeurs horaires) a permis de détecter certaines séquences aberrantes : températures maximales et amplitudes journalières anormalement élevées. (Figure 2).

Ainsi, l'enregistrement réalisé à la station FF avl STEP (annexes) est inutilisable, la sonde étant restée hors d'eau la quasi-totalité de l'année d'étude.

Pour les enregistrements présentant de petites séquences aberrantes : BS Moulin, FF amont, FF pt Boex, FF pt Fillings et M avl Boege (annexes) une observation plus précise des intervalles de temps où la sonde a vraisemblablement été hors d'eau, a permis de sélectionner les paramètres thermiques qui pouvait être conservés dans l'analyse (CF : tableau Annexes). Ceci a conduit selon les cas à :

- ne pas prendre en compte certaines valeurs (Ex : Température instantanée maximale pour BS Moulin),
- modifier les valeurs calculées (Ex : Température instantanée maximale pour FF pt Boex et M avl pt Boege),
- conserver les valeurs calculées, pour les valeurs très faiblement influencées, en considérant dans l'analyse des résultats la légère sur ou sous-évaluation engendrée par l'exondation selon les variables considérées.

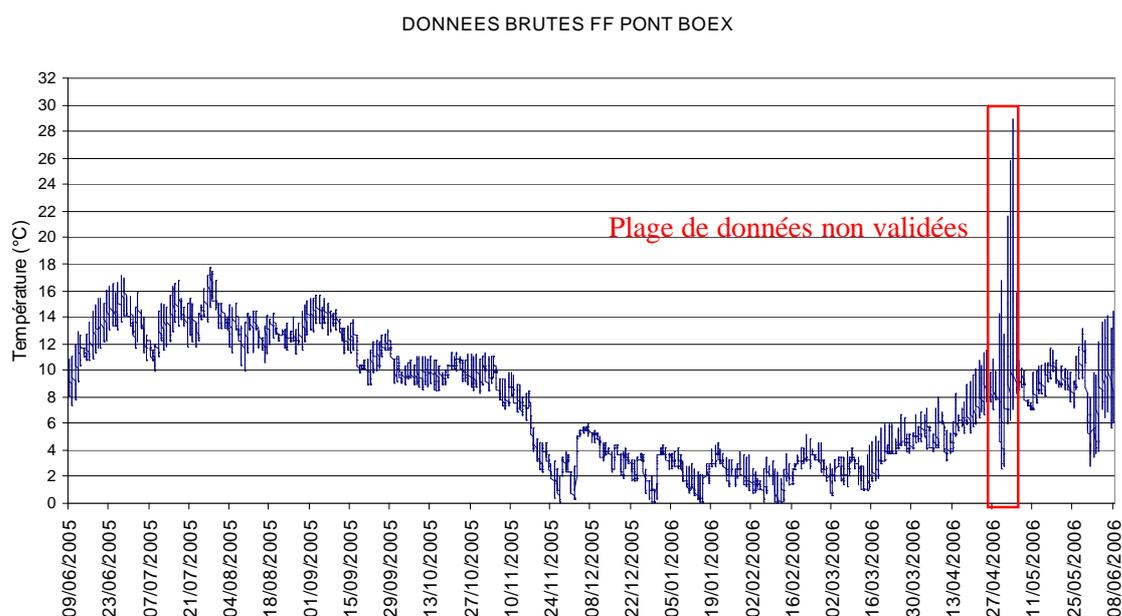


Figure 2 : Données thermiques brutes de l'enregistreur placé sur le Foron de Fillings, au niveau du pont de Boex, montrant une plage de données aberrantes.

III.2) Conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées sur le cours principal de la Menoge et sur ses affluents, les moyennes journalières varient sur l'année de 0 à 22°C (Figures 3 à 5). Globalement, la période de faibles températures se situe entre la seconde semaine de novembre et mi-mars. Les températures estivales, bien que relativement chaudes, ne semblent pas être limitantes pour le développement de la truite commune. La plupart des stations montrent des valeurs hivernales relativement faibles proches de 0, aucune ne présente les caractéristiques thermiques d'un milieu tamponné (faible amplitude thermique journalière et annuelle) considérées comme très favorables à la vie salmonicole.

En ce qui concerne le sous bassin versant du Brevon de Saxel, les profils des valeurs moyennes journalières sur le cycle annuel 2005-2006 des 4 stations étudiées, se superposent (Figure 4). Ainsi les conditions thermiques semblent stables sur l'ensemble de son cours et similaire à son affluent, le Rafort. Au contraire, sur la Menoge et le Foron de Fillinges nous observons une hausse des températures estivales de l'amont vers l'aval de leur cours (Figure 3 et 5).

Les amplitudes thermiques annuelles ainsi que les différences observées sur les profils thermiques longitudinaux de ces cours d'eau semblent être le résultat respectivement :

- des étiages sévères sévissant sur ces trois cours d'eau et principalement sur l'ensemble du linéaire du Brevon de Saxel et sur l'amont du Foron de Fillinges, qui les rendent plus sensibles aux températures extrêmes (refroidissement hivernal et réchauffement estival).
- de l'évolution de l'occupation des sols : contexte forestier et homogène sur le Brevon de Saxel et le Rafort, contexte forestier et agricole et progressivement plus urbain sur le Foron de Fillinges et la Menoge. Pour ces derniers, au-delà des variations liées à la différence d'altitude, les plus faibles densités de ripisylve ainsi que l'imperméabilisation plus forte des bassins versants des affluents de petits gabarits sur l'aval, peuvent être des éléments d'explication du réchauffement progressif observé sur leur linéaire.

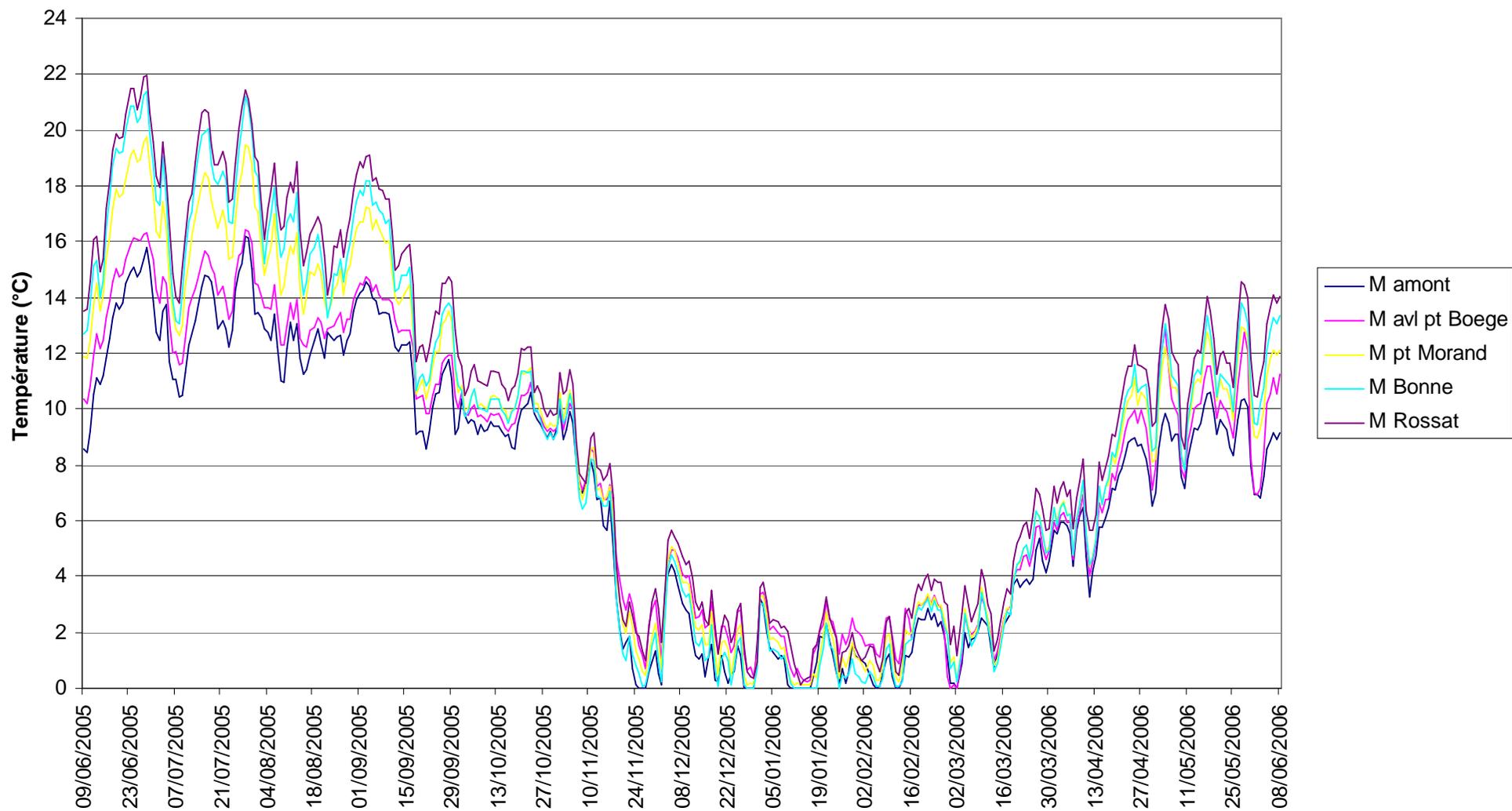


Figure 3: Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 09/06/2005 au 08/06/2006 pour les 5 stations étudiées sur le cours principal de la Menoge.

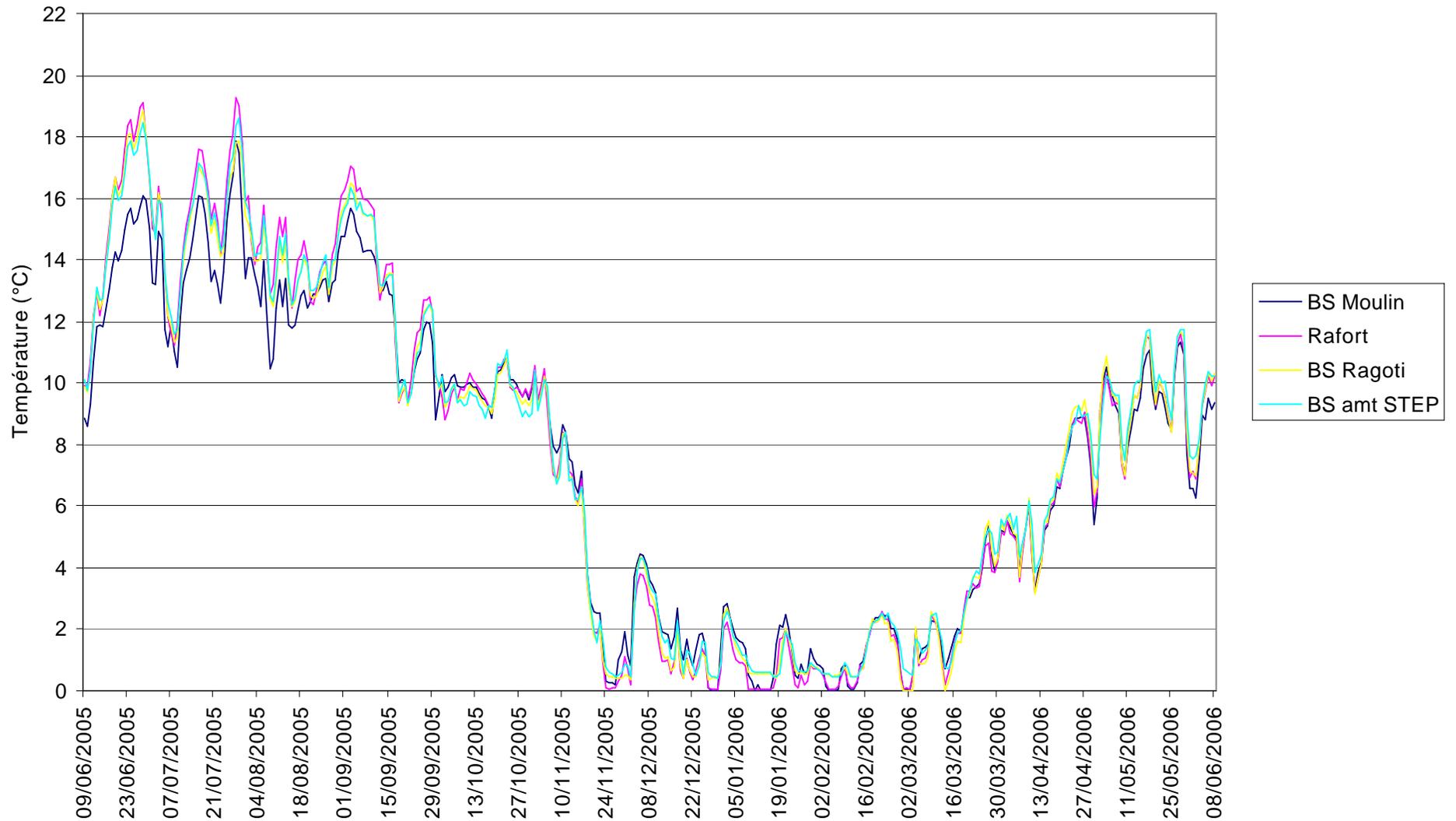


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 09/06/2005 au 08/06/2006 pour les 4 stations étudiées sur le Brevon de Saxel, affluent de la Menoge.

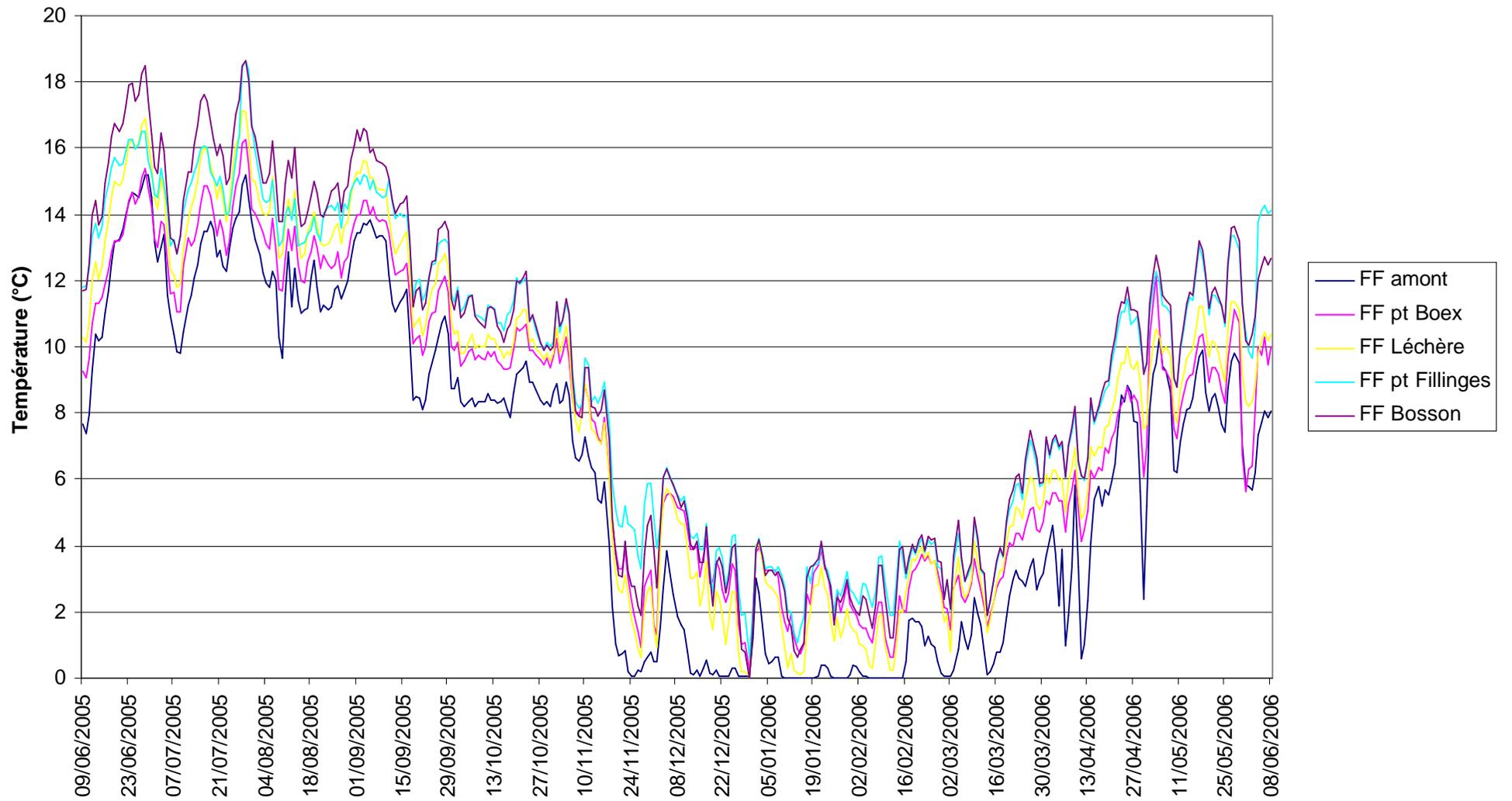


Figure 5 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 09/06/2005 au 08/06/2006 pour les 4 stations étudiées sur le Foron de Fillings, affluent de la Menoge.

III.3) Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures maximales, d'amplitudes annuelles et de moyennes sur les trente jours les plus chauds montrent des distributions globalement similaires (Figure 6). Les valeurs sont non limitantes pour la vie salmonicole sur l'ensemble du bassin de la Menoge à l'exception des deux stations aval de son cours principal où le seuil de 25°C, considéré comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite commune en rivière, est atteint. Ainsi, du fait des fortes températures estivales atteintes, ce linéaire de 8 Km compris entre Bonne et la confluence avec l'Arve est très défavorable à l'installation et au maintien d'une population de truite commune.

Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques journalières les plus fortes sont relevées sur l'aval de la Menoge au niveau de ces mêmes stations : M pt Bonne et M Rossat. Les valeurs de ces paramètres augmentent progressivement de l'amont vers l'aval sur la Menoge et le Foron de Fillinges alors qu'elles sont stables sur le bassin du Brevon de Saxel.

Les températures hivernales étant très faibles (égales ou proches de 0) sur l'ensemble des stations étudiées, les valeurs d'amplitude thermique annuelle sont fortement influencées par les valeurs des températures maximales instantanées. Les fortes similitudes entre les Figure 6.A et 6.B témoignent du faible pouvoir tampon des milieux considérés.

Les valeurs de la moyenne des températures des 30 jours consécutifs les plus chauds (Figure 6.C) montrent une augmentation logique de l'amont vers l'aval sur la Menoge et le Foron de Fillinges. Cette valeur reste stable sur les trois stations étudiées pour ce paramètre sur le sous bassin versant du Brevon de Saxel.

La valeur moyenne obtenue sur les 30 jours les plus chauds pourra être couplée avec les données de minéralisation (Ca^{2+} et Mg^{2+}) pour calculer ultérieurement le niveau typologique théorique des stations selon la méthode définie par Verneaux (1973). Ce calcul permettra de connaître en fonction des paramètres mésologiques le potentiel piscicole réel attendu sur les différentes stations étudiées.

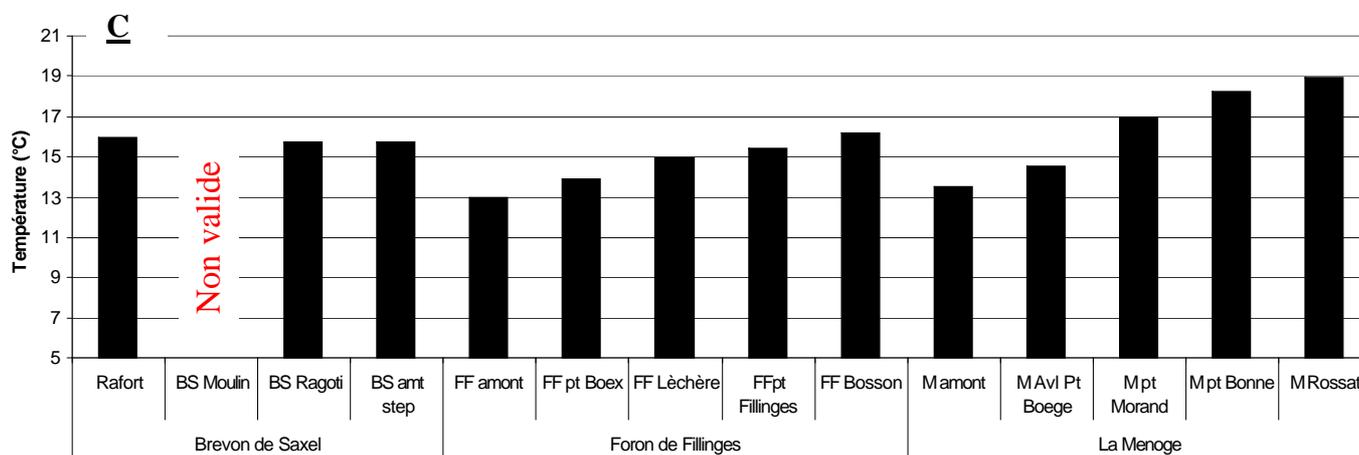
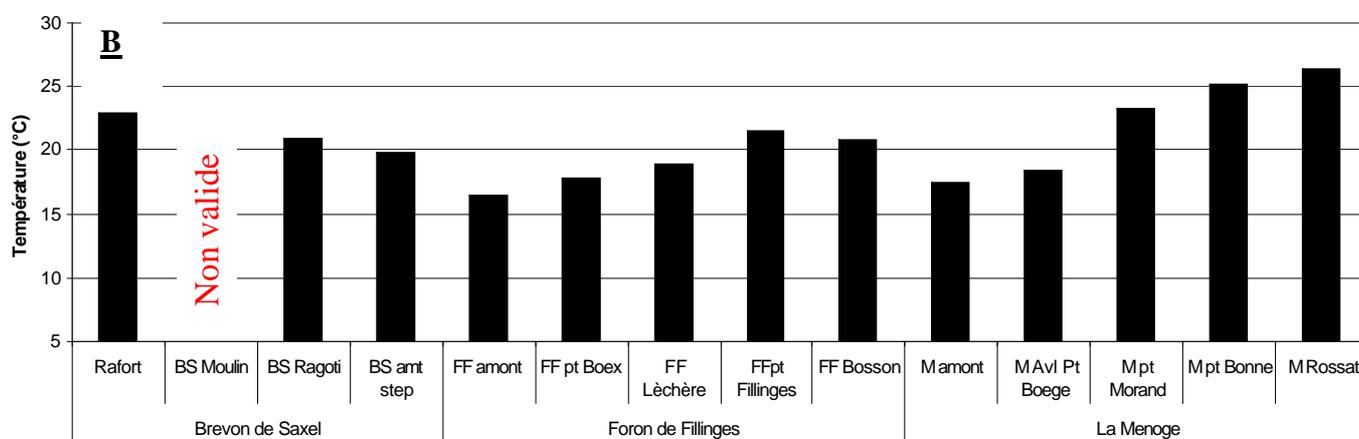
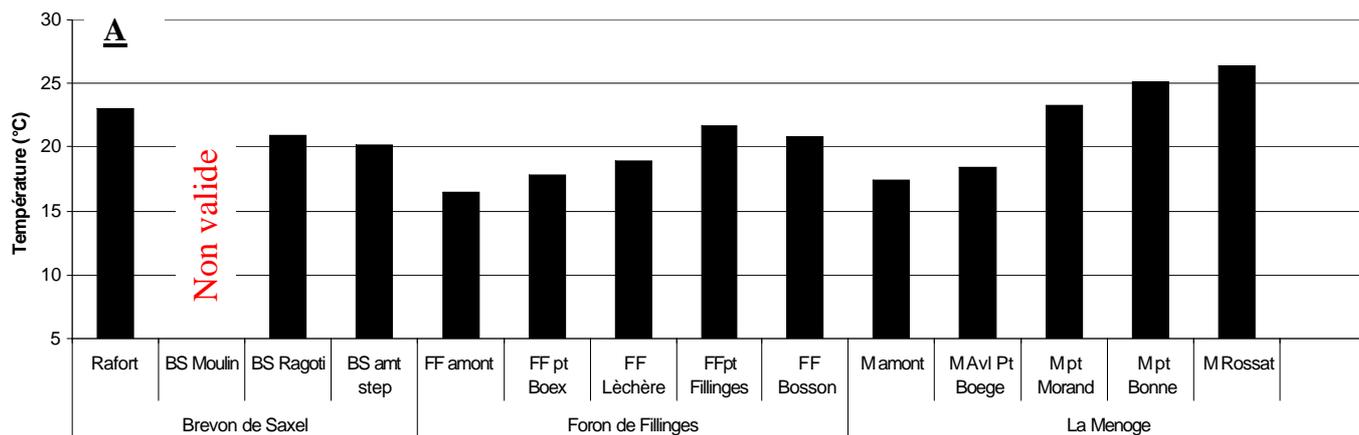


Figure 6 : Température maximale (A), amplitude annuelle (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 14 stations étudiées par le suivi thermique annuel sur la Menoge et ses affluents.

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.

La figure 7.A montre peu de différences de la durée du préférendum thermique entre les stations situées sur la Menoge et ses affluents avec des valeurs comprises entre 220 et 282 jours par an. Ces durées d'optimum thermique sont plutôt moyennes par rapports aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006).

D'autre part, les stations étudiées ont des maximales qui ne dépassent pas les 25°C et peu les 19°C à l'exception toujours des trois stations situées sur le secteur aval de la Menoge. Sur celles-ci, les conditions se dégradent progressivement avec l'augmentation des températures observées qui dépassent souvent et pendant des périodes de temps relativement importantes (jusqu'à 40 heures consécutives) les 19°C (figure 7.C et 6.D) et parfois même les 25°C (Figure 7. B).

Les affluents de la Menoge présentent des caractéristiques thermiques plus favorables à la vie salmonicole sur l'ensemble de leur linéaire avec un maximum de 100 à 200 heures où la valeur de 19°C est parfois dépassée sur des séquences maximales d'une douzaine d'heures sur les deux stations aval du Foron de Fillinges et l'ensemble des stations du bassin du Brevon de Saxel exceptée la station amont.

Une altération progressive des conditions thermiques est observable de l'amont vers l'aval du cours principal de la Menoge. diminution de la durée du préférendum thermique, atteinte du seuil léthal ou sub-léthal des 25°C à partir de la station M pt Bonne, ainsi que le dépassement fréquent des 19°C à partir de la station M pt Morand. Ainsi, le secteur aval présente des conditions thermiques limitantes dès la station M pt Morand (linéaire de 12,2 Km) et franchement limitantes à partir de Bonne (8 Km) pour la vie salmonicole.

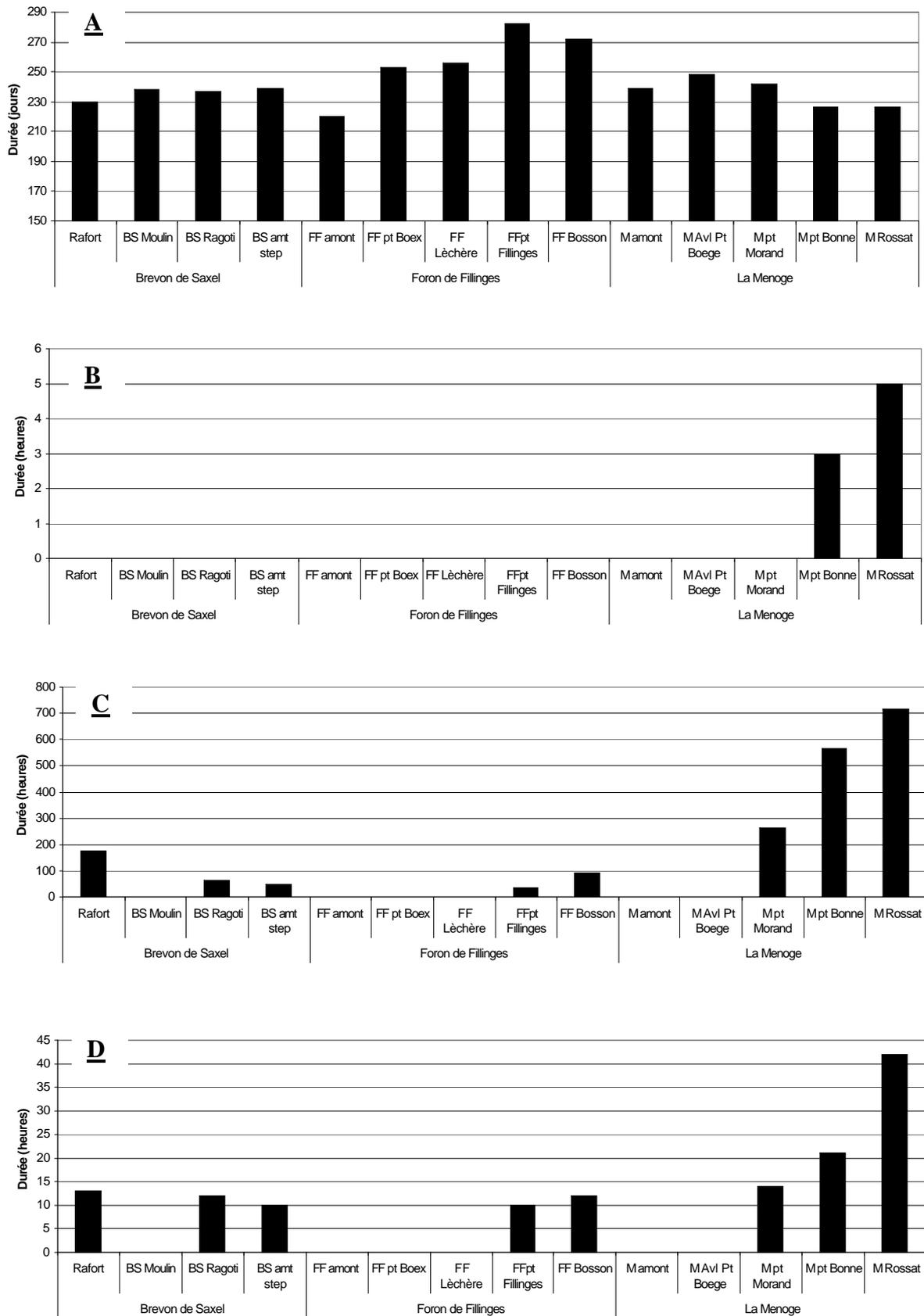


Figure 7 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A) et en heure de la séquence maximale durant laquelle la température est restée en dessus de 25°C (B) de la durée totale où la température atteint ou dépasse 19°C (C) et de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C (D) sur les 14 stations concernées par le suivi annuel sur la Menoge et ses affluents.

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.

Pour la majorité des stations étudiées sur la Menoge et ses affluents (Figure 8) le risque de développement de PKD est faible avec les durées de séquences maximales durant laquelle la température est supérieure à 15°C comprises entre 43 et 277 heures consécutives. Par contre, les stations situées à l'aval de la Menoge : M Bonne et M Rossat ont des valeurs respectivement proche (352 heures) et largement supérieure (547 heures) à cette limite des 15 jours consécutifs. Ainsi sur ces stations, et particulièrement la station M Rossat, le risque de développement de PKD semble important.

Une recherche spécifique de la PKD chez les individus juvéniles de truites a été réalisée conjointement à l'évaluation de l'efficacité du repeuplement dans les rivières de Haute-Savoie. Ainsi, en 2002, 35% des individus 0+ étaient atteints par la PKD sur le bassin du Foron de Fillinges et aucun individu 0+ ne présentait les symptômes de la maladie sur les bassins de la Menoge et du Brevon de Saxel en 2003 (Caudron *et al.*, 2003 ; 2004).

Ainsi, nous pouvons dire que la maladie est présente sur le bassin, les variations inter-annuelles du cycle thermique pouvant expliquer les différences entre les sites à risque identifiés en 2006 et les sites infectés identifiés en 2002-2003.

Malgré la différence temporelle des observations, la correspondance entre l'évaluation d'un risque et la présence effective de l'agent pathogène sur le bassin de la Menoge, semble montrer la pertinence de la variable utilisée. 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).

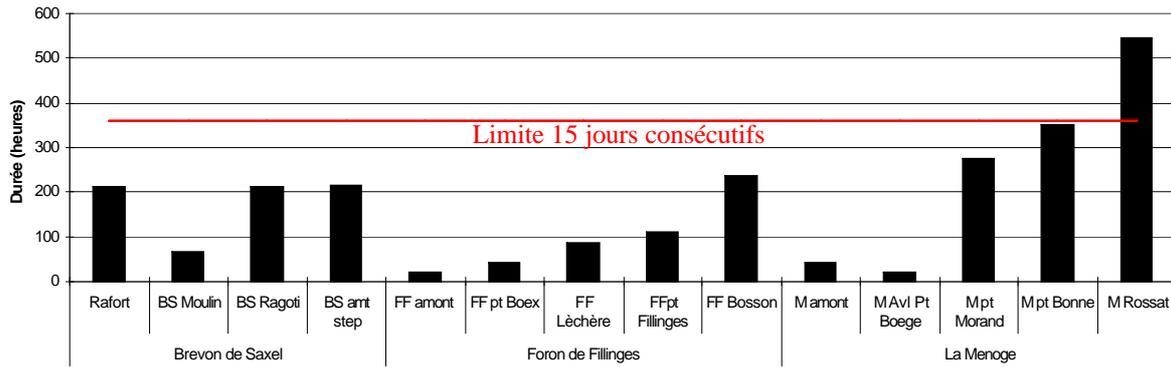


Figure 8 : Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 14 stations concernées par le suivi annuel sur la Menoge et ses affluents.

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°C ou supérieures à 12°C ont été recherchées. Ces valeurs peuvent être considérées comme les limites de la plage de développement optimale pour les œufs et les embryons (Jungwirth et Winkler, 1984 ; Crisp, 1996).

L’estimation de durée de vie sous graviers est peu variable d’un site à l’autre avec des valeurs comprises entre 145 et 168 jours (figure 9.A). Elles peuvent être considérées comme des durées d’incubation plutôt moyennes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006). Par contre sur tous les sites suivis, l’ensemble du bassin du Brevon de Saxel et du linéaire de la Menoge ainsi que la station FF Léchère sur le Foron de Fillinges montrent, pendant les périodes de vie sous graviers identifiées, des températures pouvant compromettre le bon développement embryo-larvaire (figure 9.B). En effet, les durées pendant lesquelles les températures sont inférieures à 1°C y sont relativement importantes (entre 105 et 346 heures consécutives).

Cette limite thermique est considérée, durant la phase de vie sous graviers, comme létale par plusieurs auteurs (Elliot, 1984 ; Humpesch, 1985 ; Crisp, 1988 et 1996).

Cependant, les bassins de la Menoge, du Foron de Fillinges et du Brevon de Saxel présentent tous les trois des populations de truites naturellement fonctionnelles qui se reproduisent sur leurs cours respectifs et leurs affluents. En outre, le secteur aval du Brevon de Saxel semble être un site privilégié pour la reproduction des géniteurs de la Menoge (Caudron *et al.*, 2003 ; 2004).

Cette contradiction ayant été observée sur l'ensemble des bassins versants étudiés jusqu'à présent, il semblerait que ce paramètre soit discutable du fait notamment de l'existence possible d'une différence d'environ 1°C entre la température de l'eau (mesurée dans notre cas) et celle intra-gravier (Crisp, 1992). Ainsi, il nous est difficile de juger de l'impact réel des faibles températures sur l'efficacité du recrutement naturel à partir de ce seul paramètre.

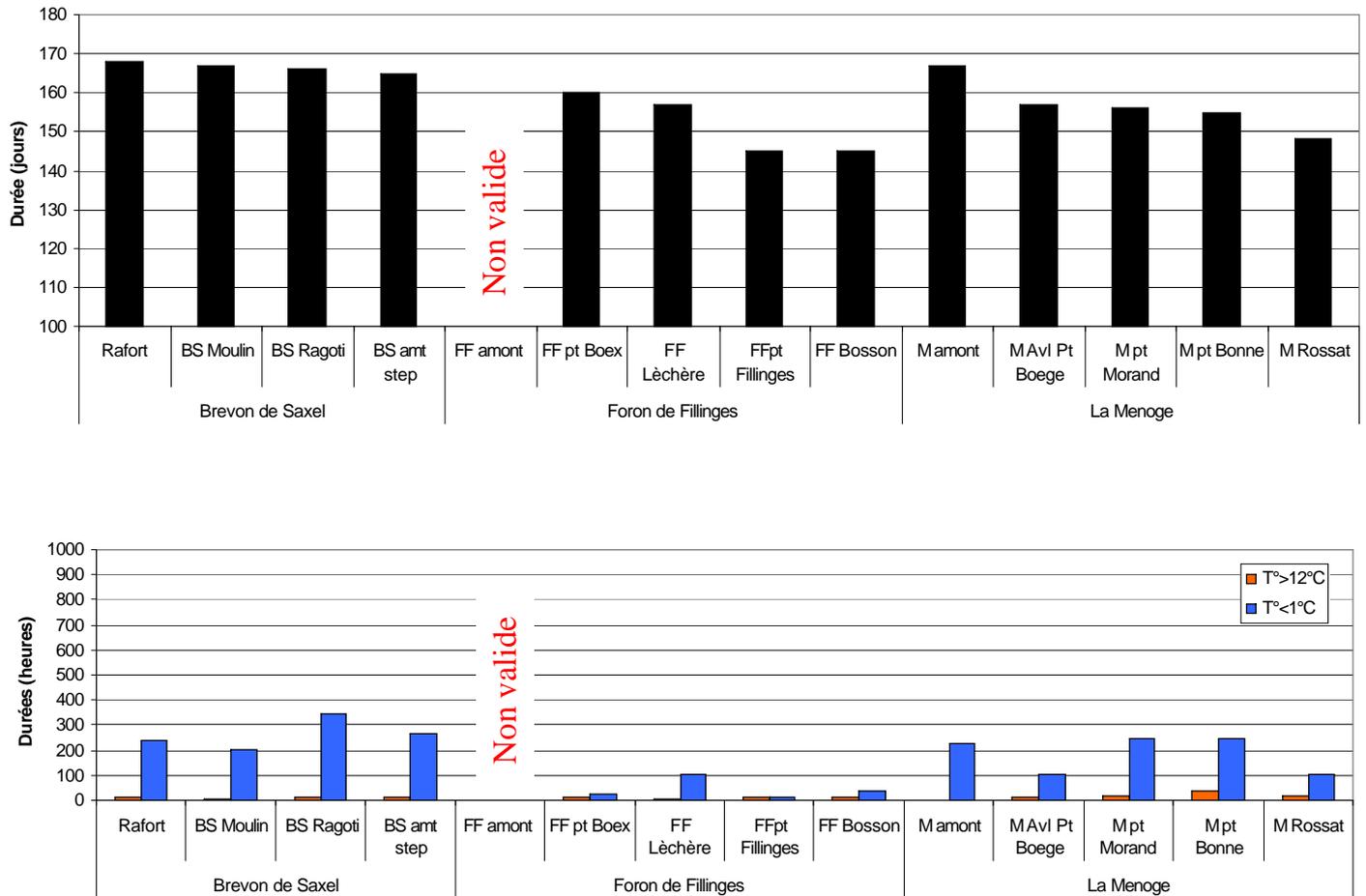


Figure 9 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) (A) et durée en heures des séquences maximales durant lesquelles la température est restée au dessous de 1°C et au dessus de 12°C pendant la période du développement embryolaire (B) sur les 14 stations concernées par le suivi annuel sur la Menoge et ses affluents.

IV) Premières conclusions et perspectives

Cette première étude thermique réalisée sur le bassin de la Menoge a permis de mettre en évidence les points suivants :

- l'ensemble des stations étudiées présente des valeurs de température qui peuvent être considérées comme élevées en période estivale et relativement proche de 0 en période hivernale. Ces observations expriment le faible pouvoir tampon des milieux étudiés, qui sont sujets à de fortes variations thermiques annuelles. Ceci semble être la conséquence : d'une part, des faibles lames d'eau observées durant les étiages estivaux et hivernaux qui rendent ces cours d'eau très sensibles aux températures extrêmes et d'autre part de l'absence ou la faiblesse des échanges entre le cours d'eau et sa nappe souterraine d'accompagnement sur l'ensemble du linéaire.
- l'ensemble des stations étudiées présente des conditions thermiques favorables et compatibles avec la vie salmonicole, à l'exception de l'aval du cours principal de la Menoge. En effet, les stations M pt Bonne et M Rossat montrent des conditions thermiques peu favorables au développement salmonicole avec des valeurs dépassant souvent les 19°C, parfois les 25°C et des conditions potentiellement favorables au développement de la PKD.
A partir des valeurs obtenues pour ces descripteurs nous pouvons dire que les conditions thermiques observées sur l'aval de la Menoge ne correspondent pas aux exigences de la truite commune sur un linéaire de 8 Km à partir de la station M pt Bonne et sont limitantes pour la vie salmonicole sur un linéaire supplémentaire de 4,2 Km en amont (à partir de la station M pt Morand).
- Du fait de l'observation de nombreux résultats contradictoires, les descripteurs choisis pour évaluer les sites où le recrutement naturel pourrait être limité par les conditions thermiques hivernales (durée des séquences maximales où la température est inférieure à 1°C et supérieure à 12°C durant la période de vie sous gravier) ne semblent pas appropriées. La mise en place d'autre(s) descripteur(s) est à envisager. Par exemple, la pose de sonde et d'incubateurs test *in situ* sur de nombreux sites pourrait être envisagée afin de préciser les relations entre le taux de survie durant cette période et les températures enregistrées.
- Par contre, le descripteur hivernal concernant la période de vie sous gravier est fiable et montre des durées non limitantes pour la réussite du développement embryo-larvaire. Les descripteurs thermiques pouvant compromettre la survie des œufs et embryons pendant cette phase sont cependant à revoir (Cf : paragraphe précédent).

L'influence du Thy, qui traverse le lac du Môle, sur le Foron de Fillinges n'a pas pu être évaluée du fait de la perte des trois enregistrements suivants : amont confluence (perte), aval confluence (exondation prolongée) et Thy (sonde hors d'usage).

La perte des enregistrements des stations M pt les Prés et M Calendrier sur le cours principal de la Menoge semble ne représenter qu'une perte d'information au niveau du profil thermique longitudinal de la Menoge. Ces stations n'étant pas placées dans le but déterminer l'impact thermique lié à une problématique précise mais suivre l'évolution thermique des

différents tronçons. La réalisation de nouveaux enregistrements pourrait être envisagée sur ces stations afin de compléter les informations à l'échelle du bassin.

La réalisation d'une recherche spécifique de la PKD sur les individus juvéniles de truites lors d'une année de suivi thermique permettrait de préciser la relation entre la variable étudiée et le développement de la pathologie.

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., Large A., 2004. 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 2003. Rapport SHL 248 et FDP74.04/02.

Caudron A., Champigneulle A., Large A., 2006. Etats et caractéristiques des populations autochtones de truite commune identifiées en Haute-Savoie et qualité globale du milieu. pp : 55-118 in programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final.

Champigneulle A. Melhaoui M., Maisse 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.

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.

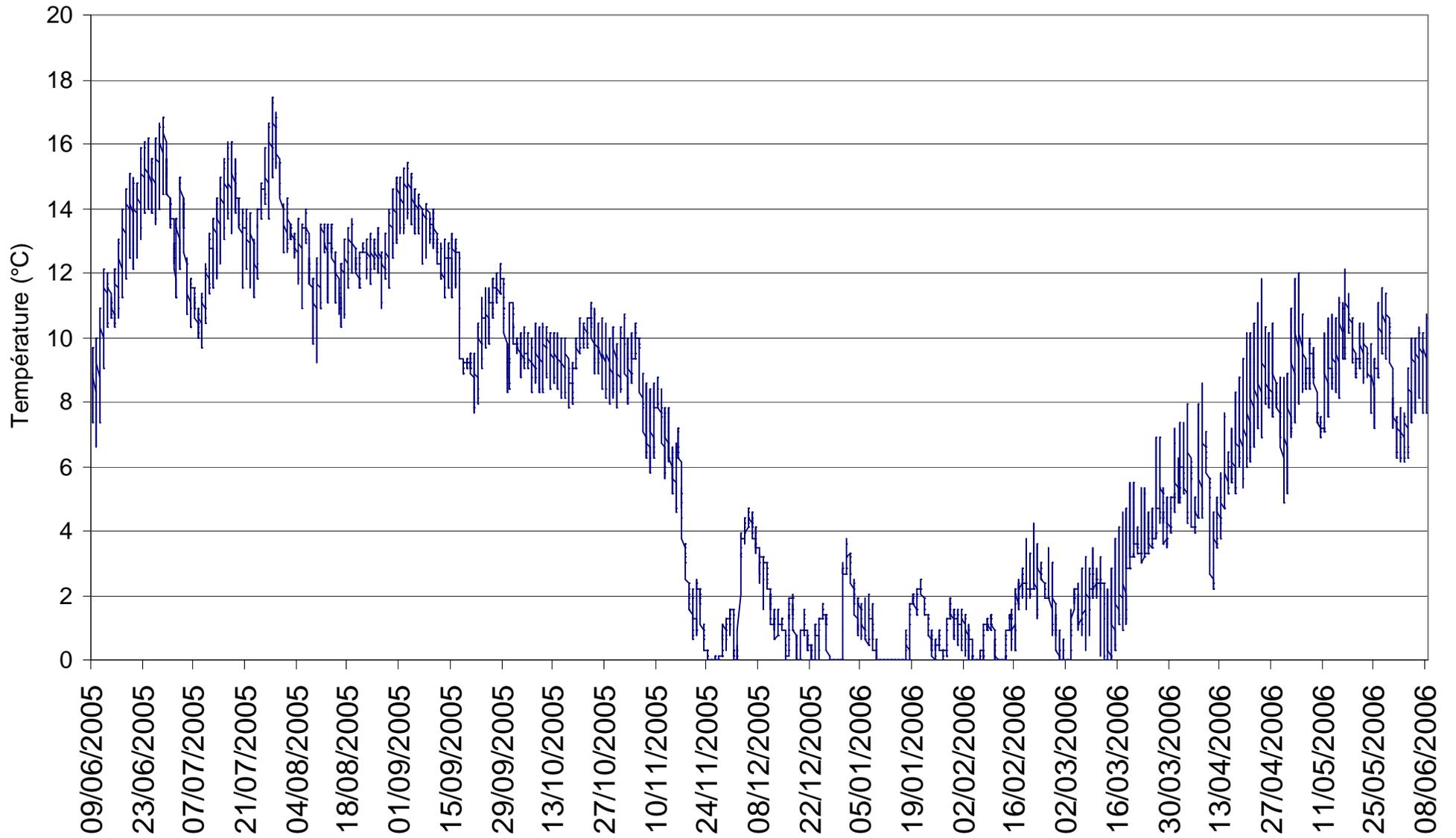
Elliott J.M., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, Oxford, 286 pp.

- 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.
- 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.
- 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.

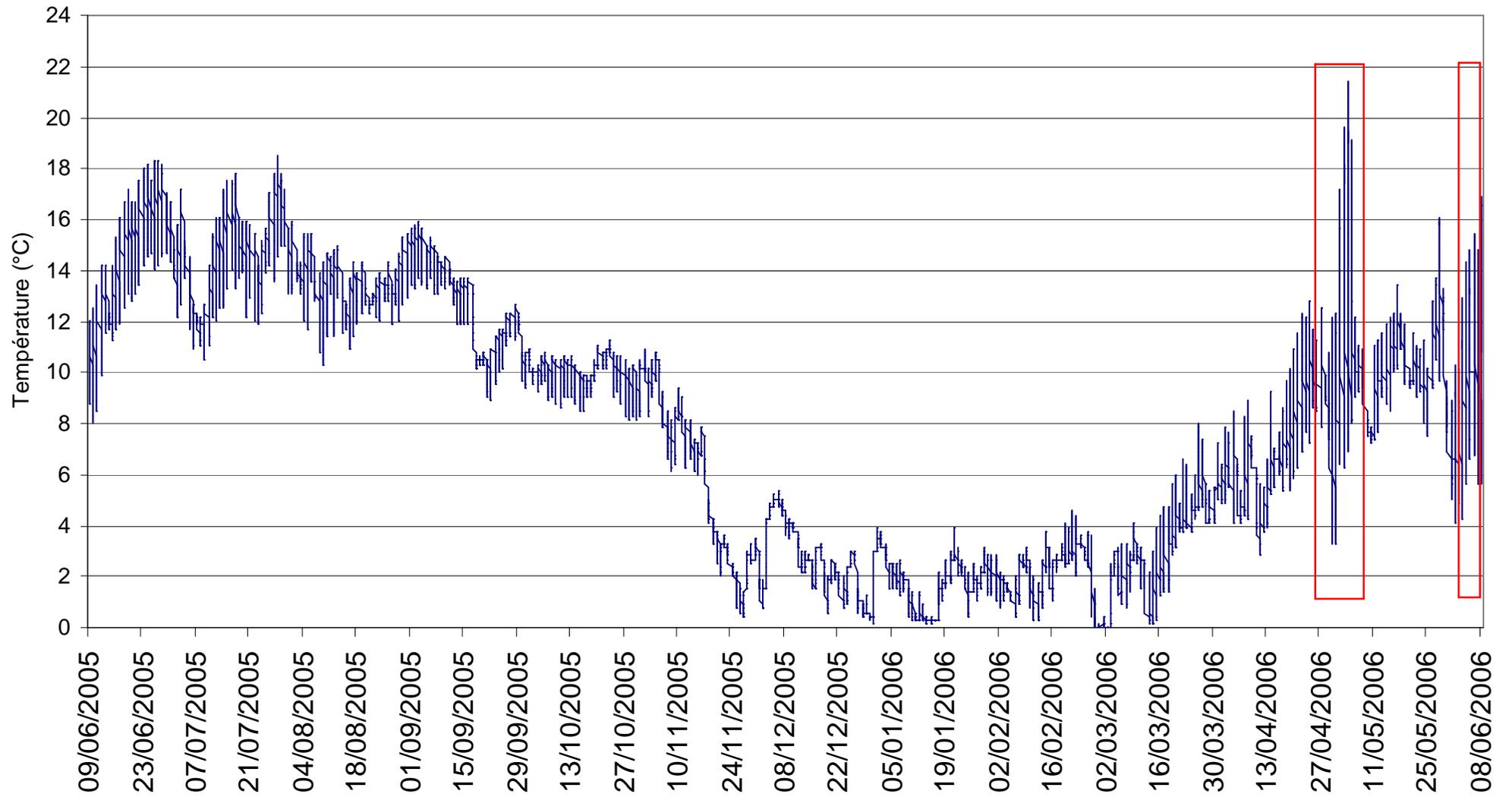
ANNEXES

- **Données thermiques brutes de chaque station du bassin de la Menoge :**
graphiques des données horaires du 09/06/2005 au 08/06/2006 et
localisation des plages de données aberrantes (cadres rouges).
- **Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 14 stations étudiées sur le bassin de la Menoge.**

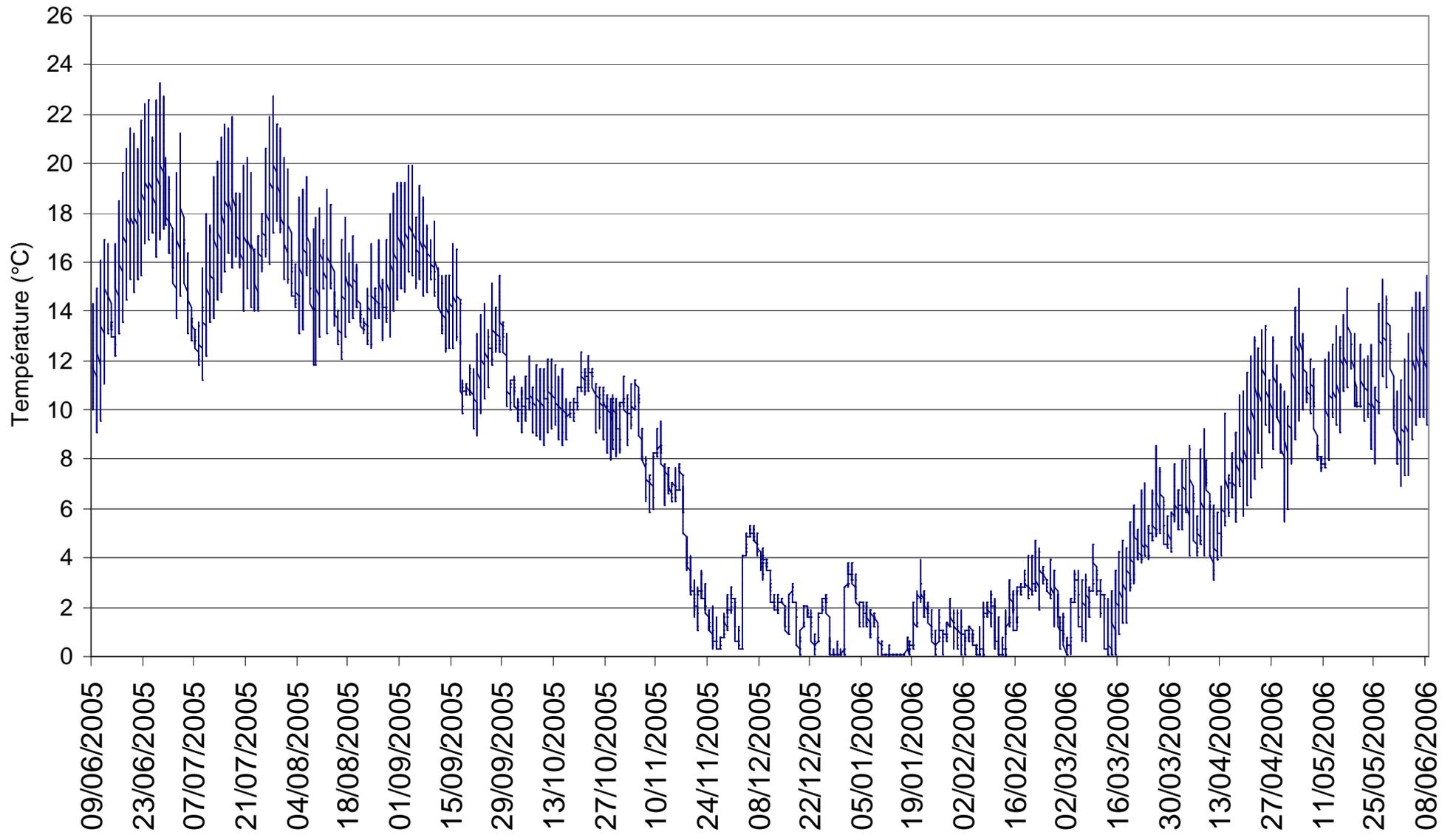
DONNEES BRUTES M AMONT



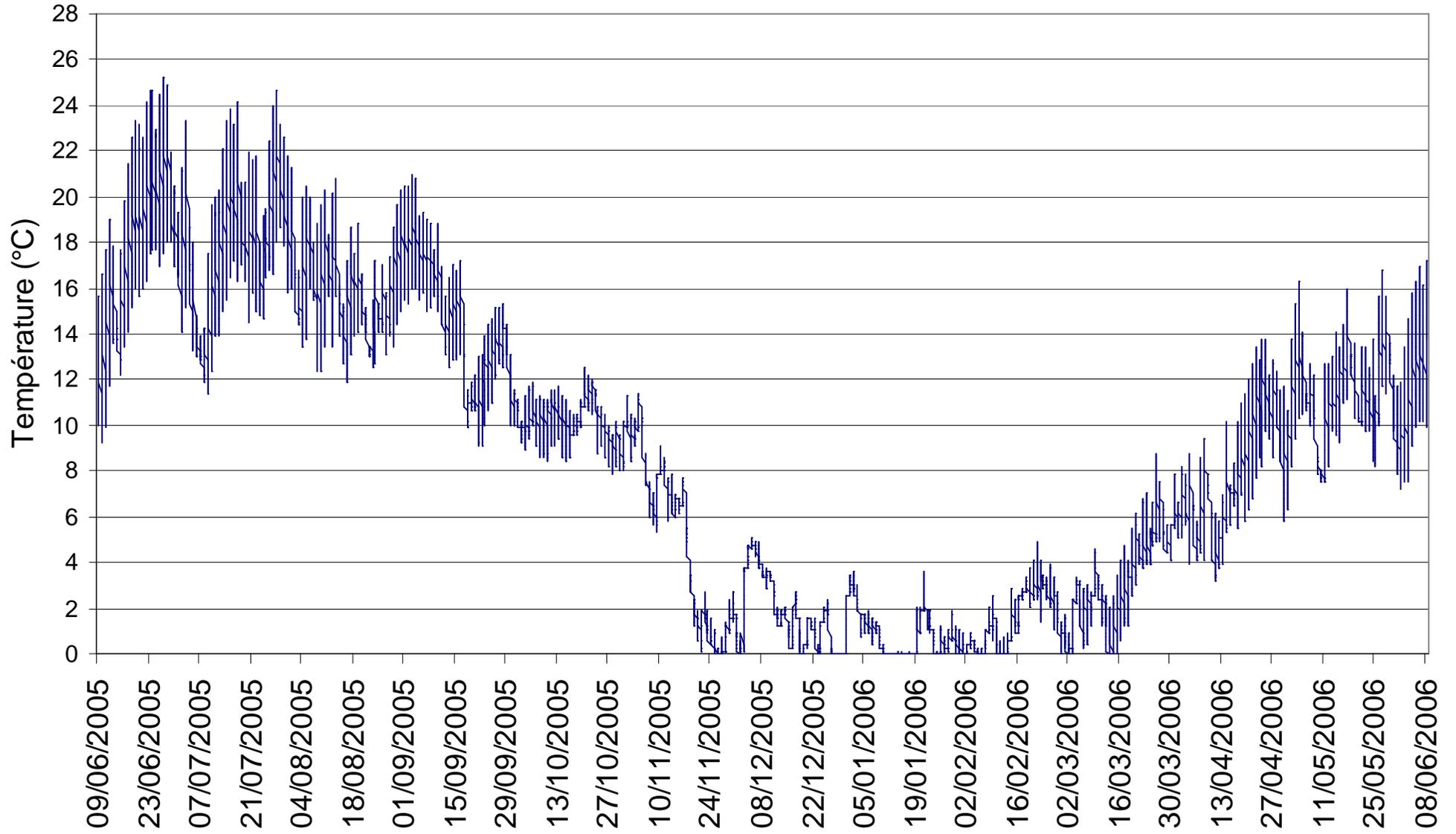
DONNEES BRUTES M AVL PT BOEGE



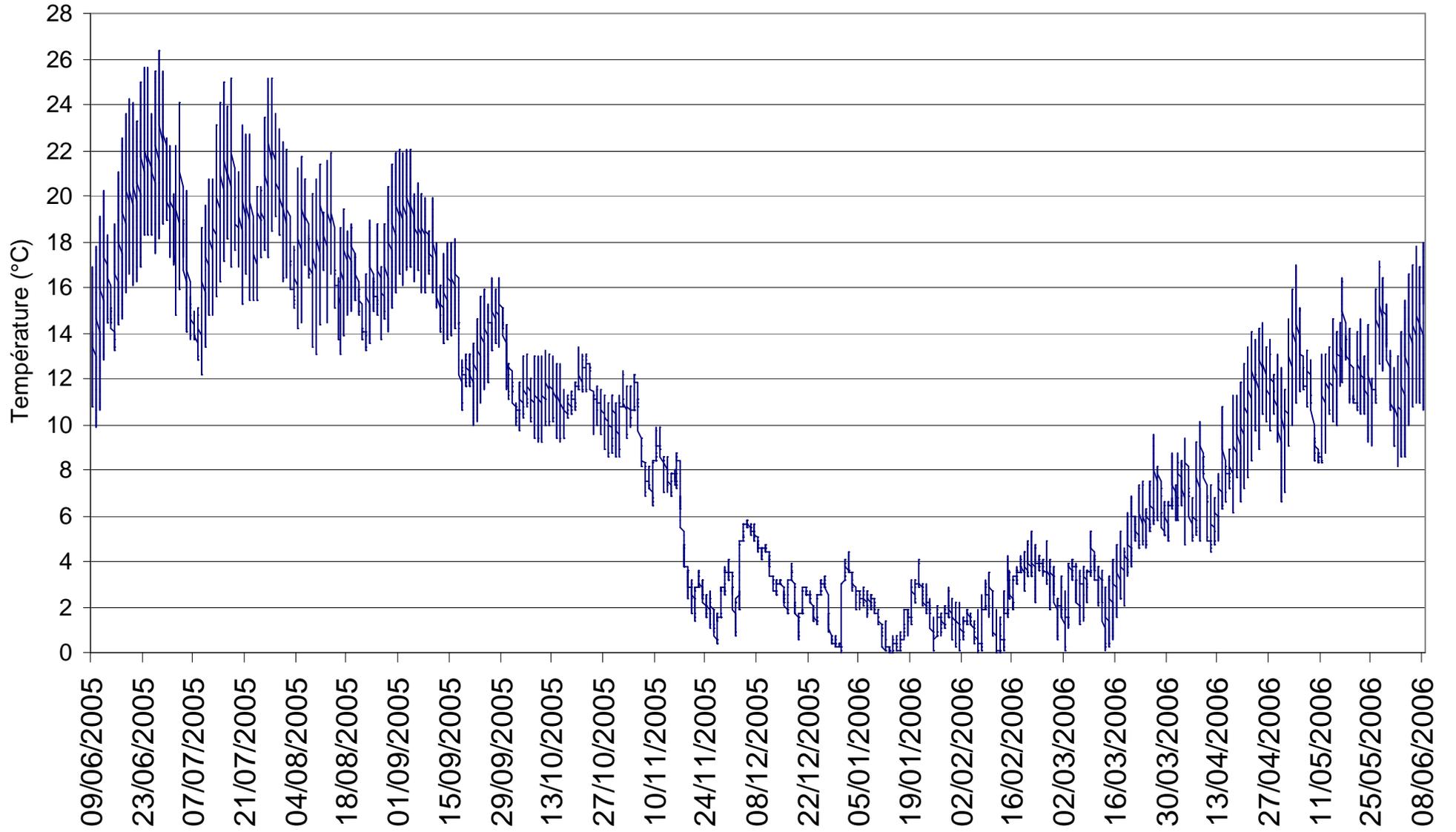
DONNEES BRUTES M PT MORAND



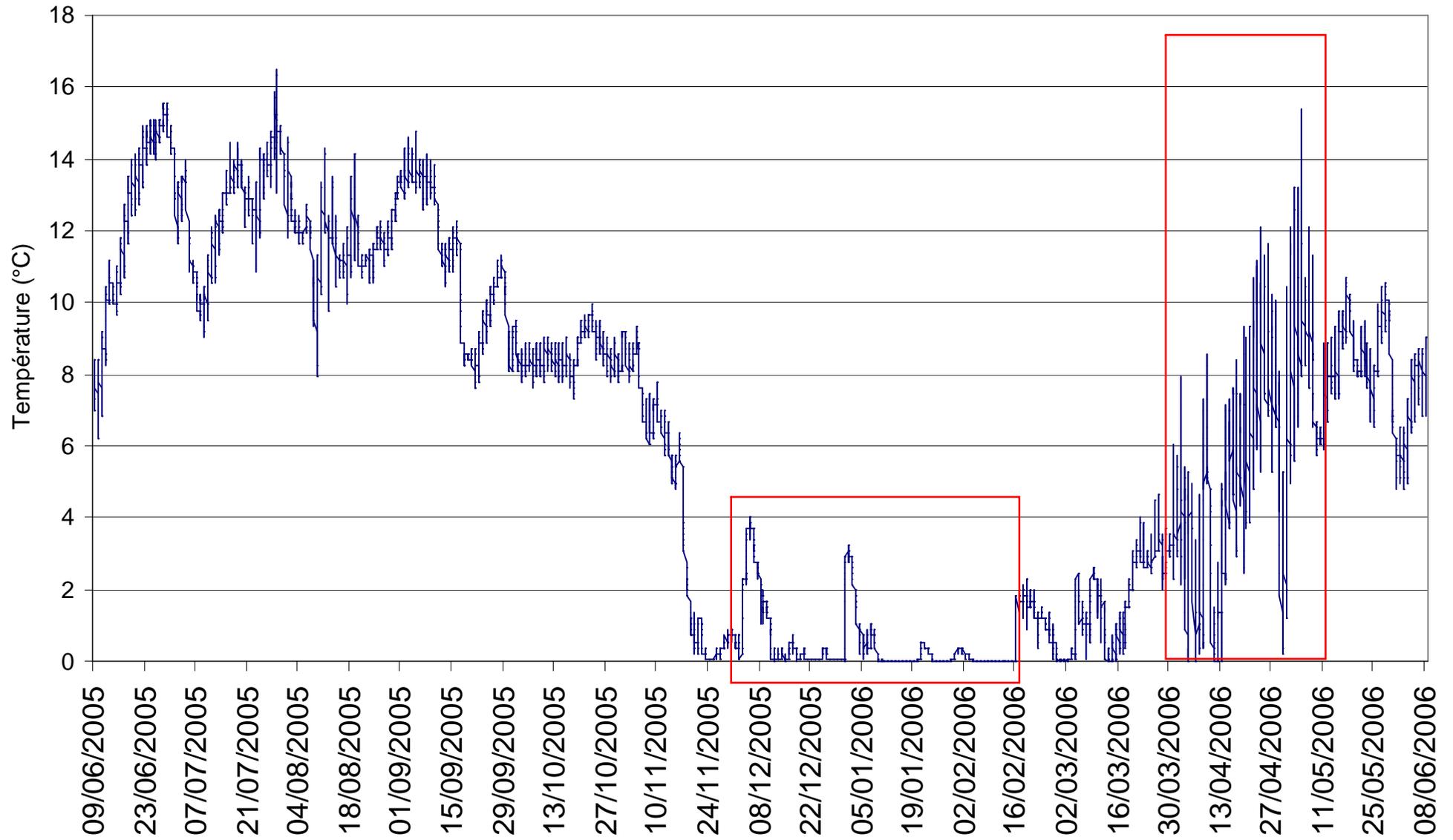
DONNEES BRUTES M BONNE



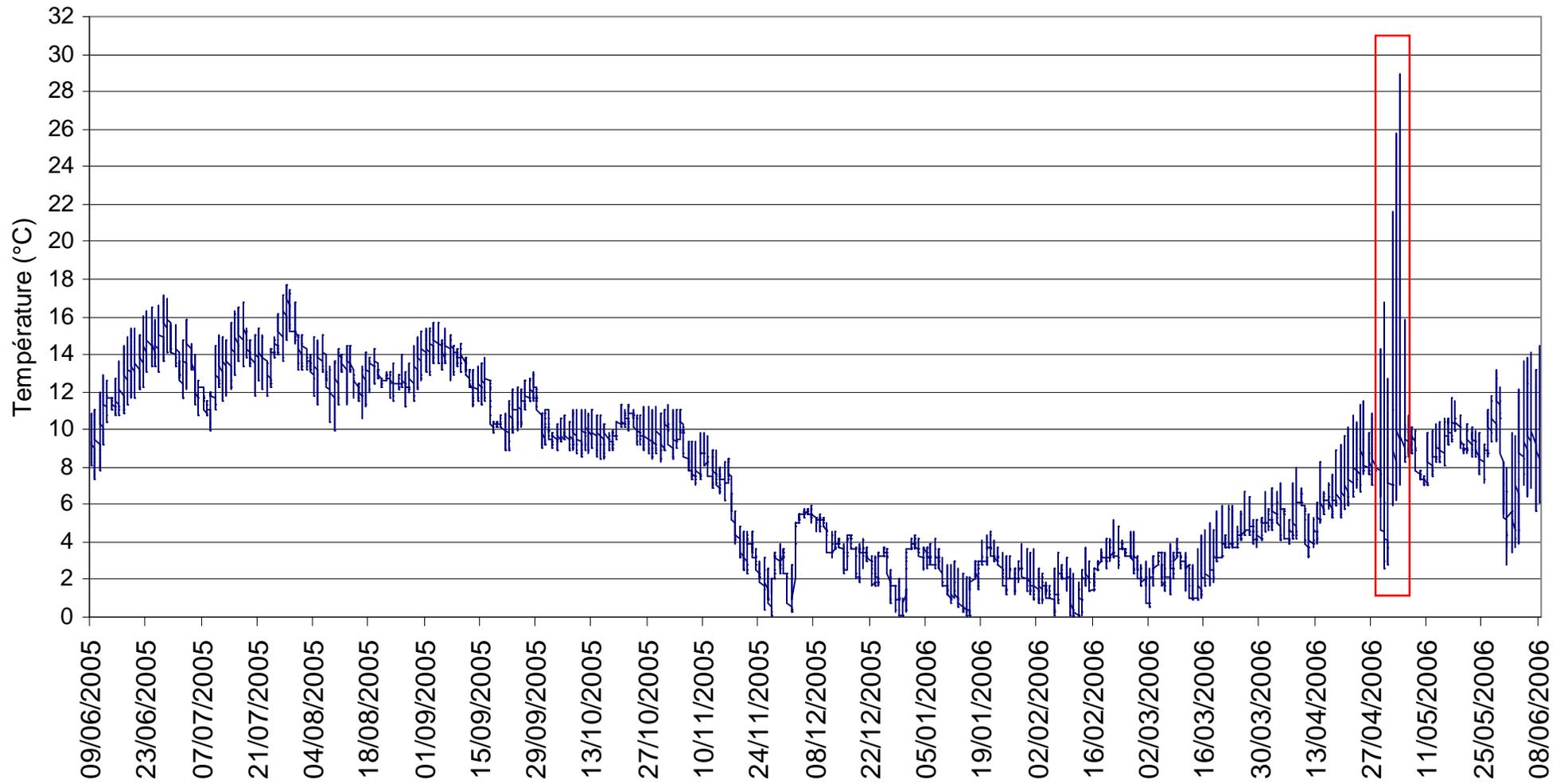
DONNEES BRUTES M ROSSAT



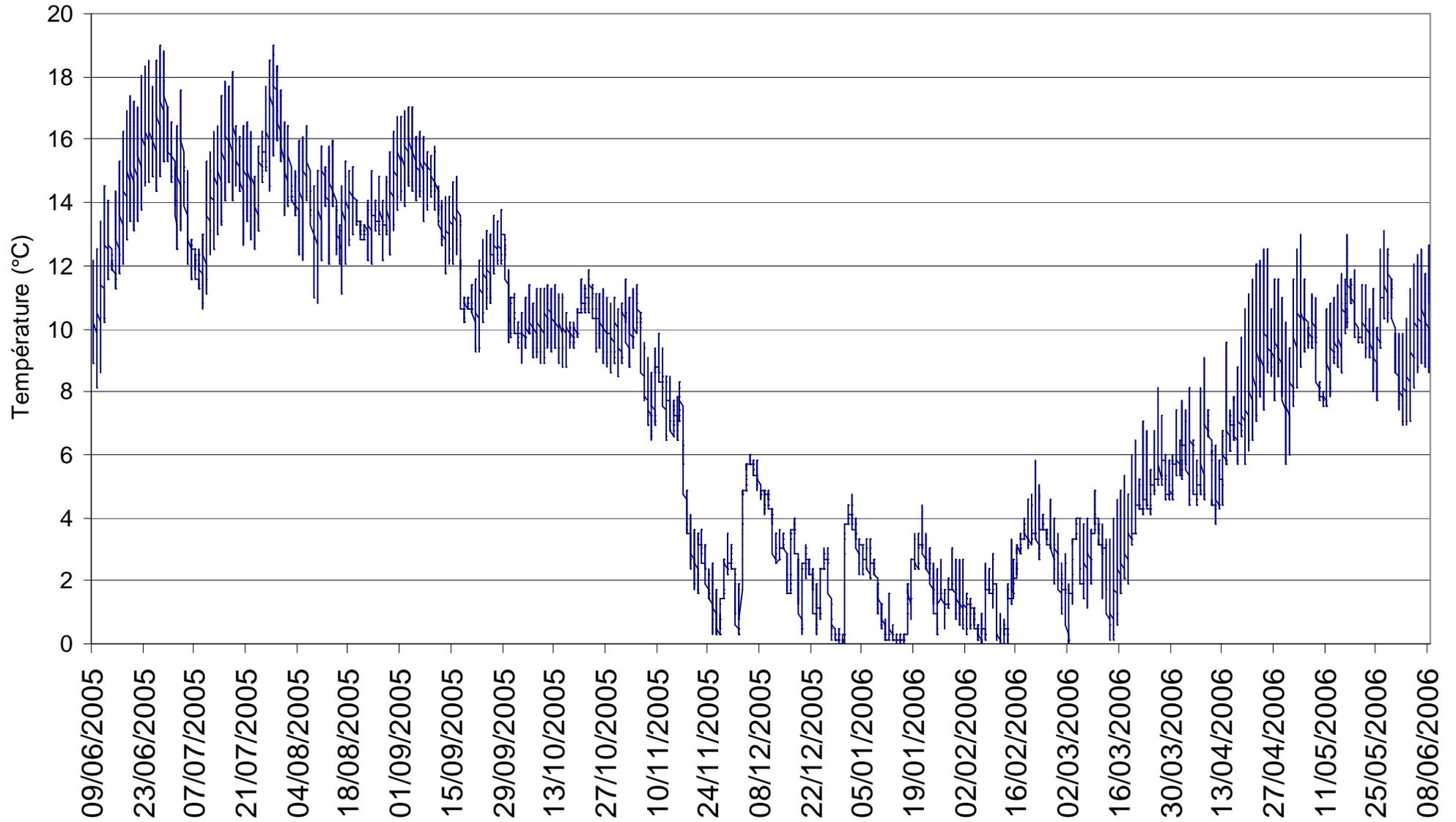
DONNEES BRUTES FF AMONT



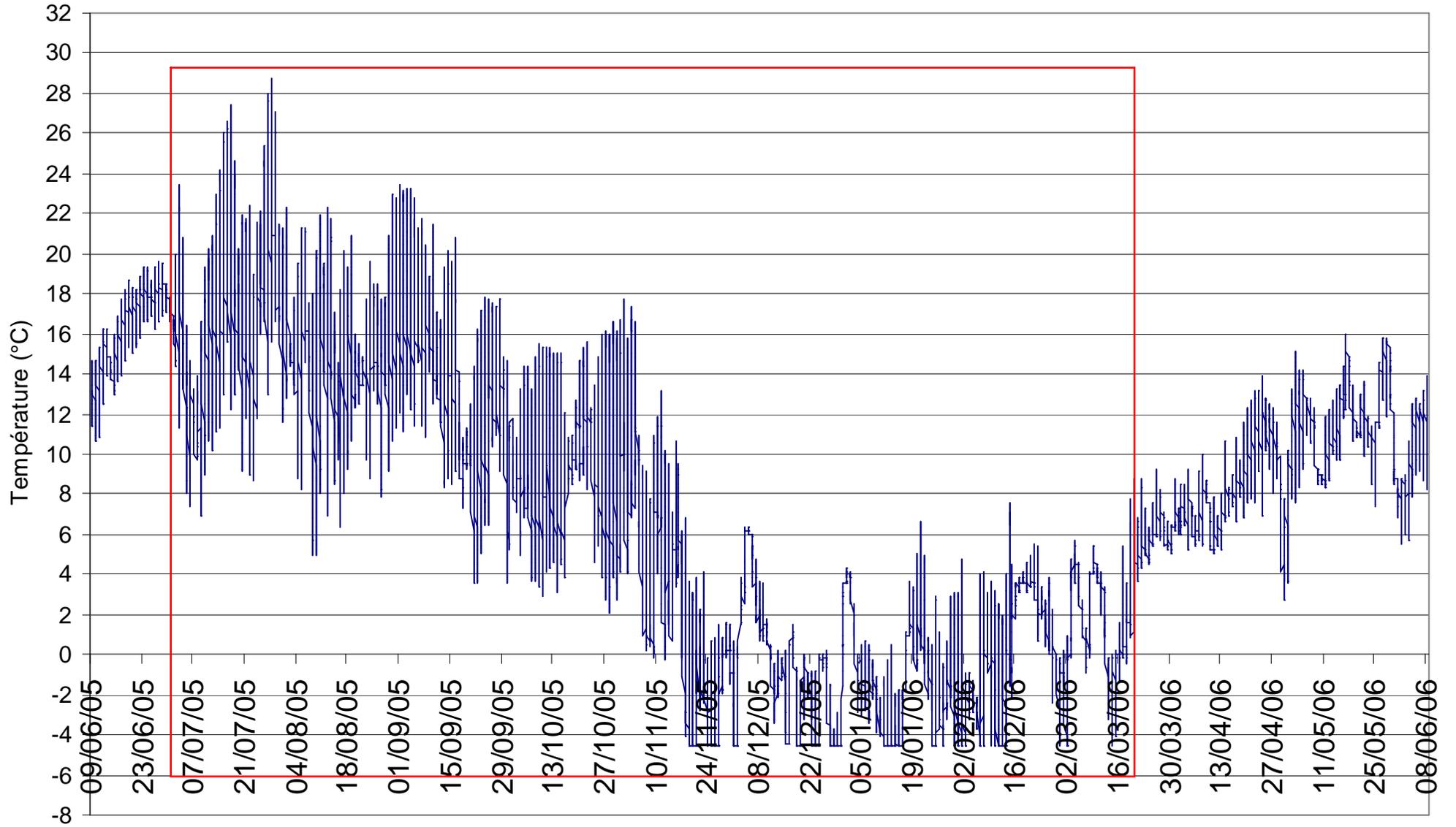
DONNEES BRUTES FF PONT BOEX



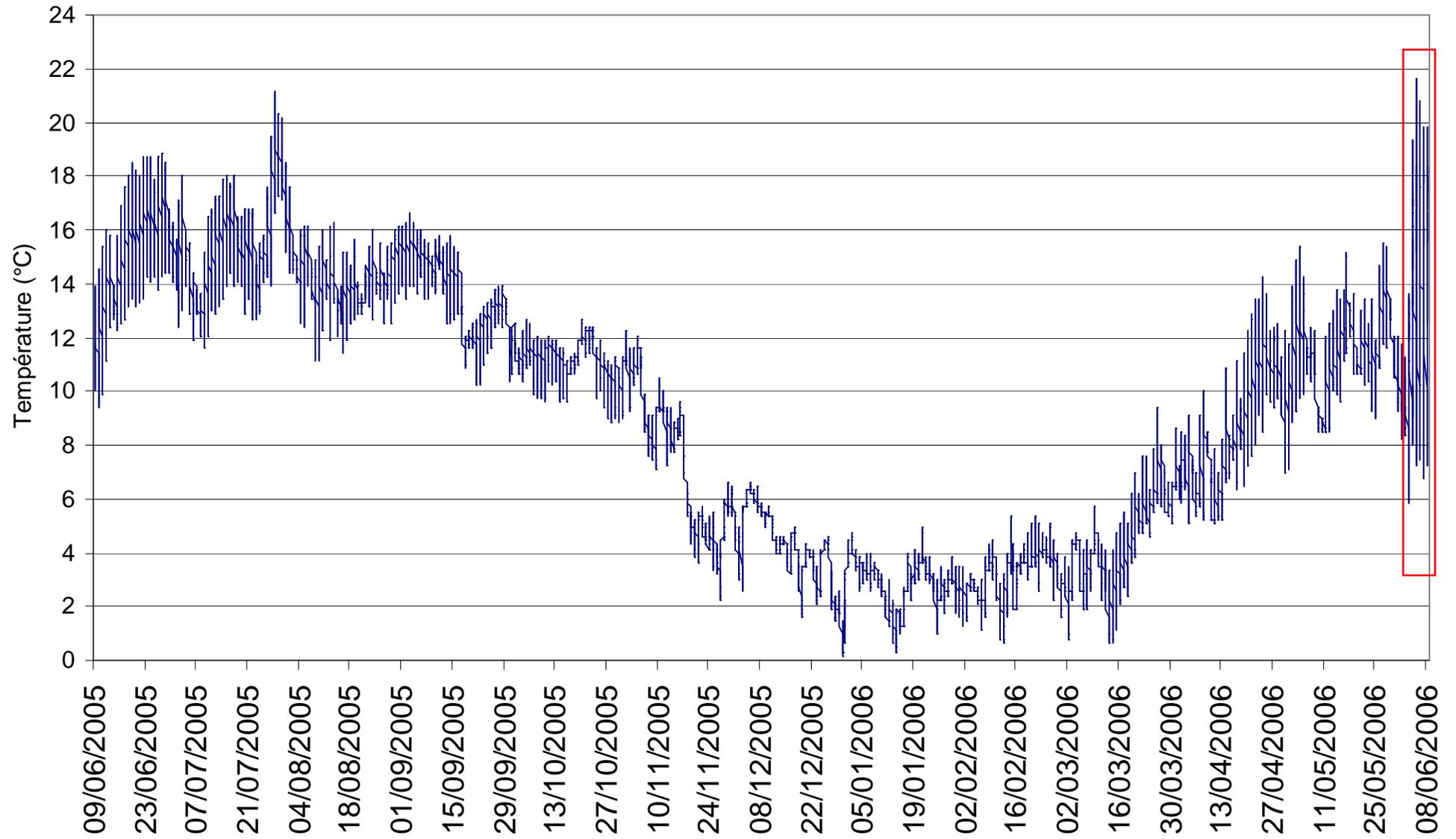
DONNEES BRUTES FF LECHERE



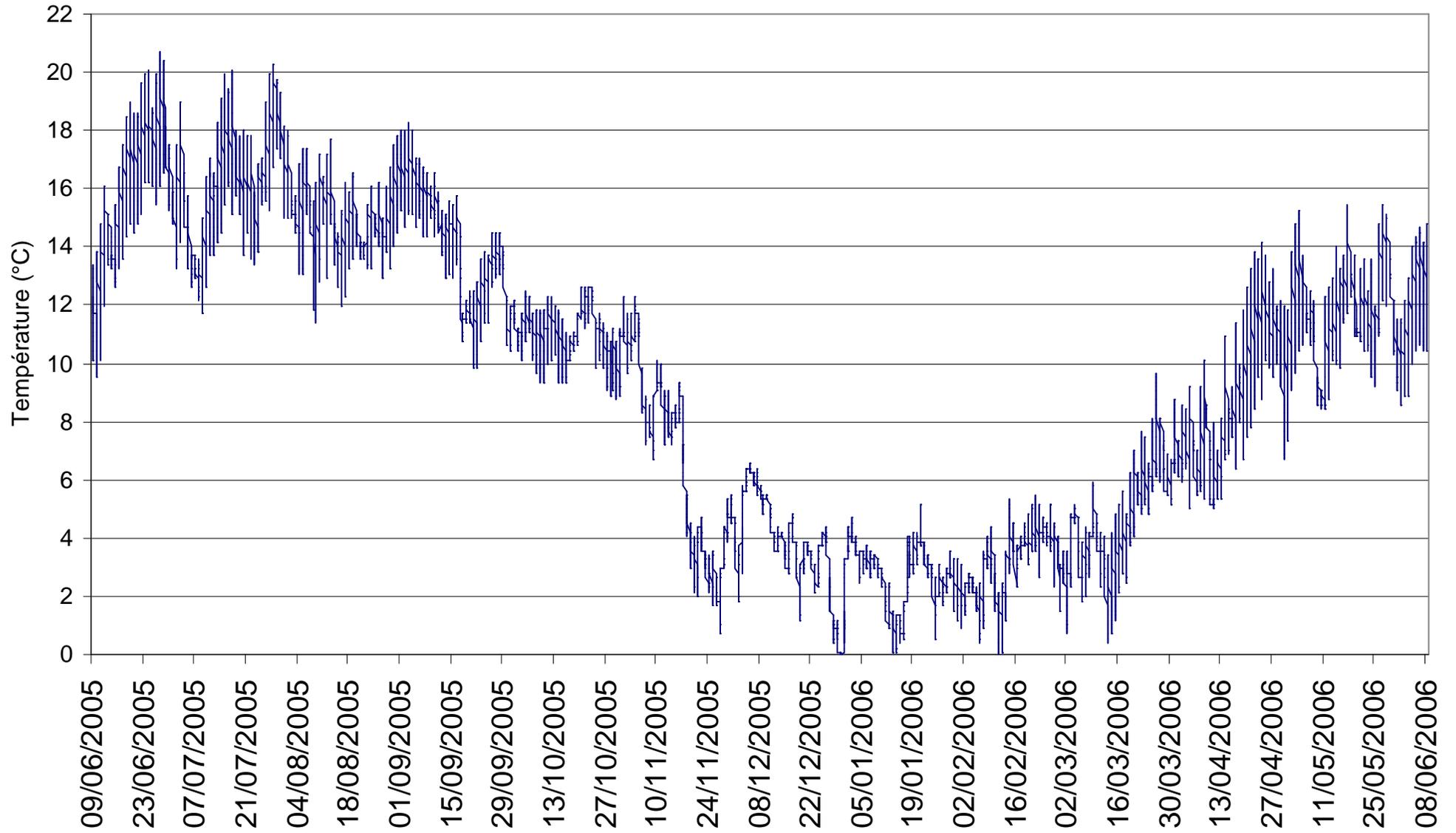
FF AVAL STEP



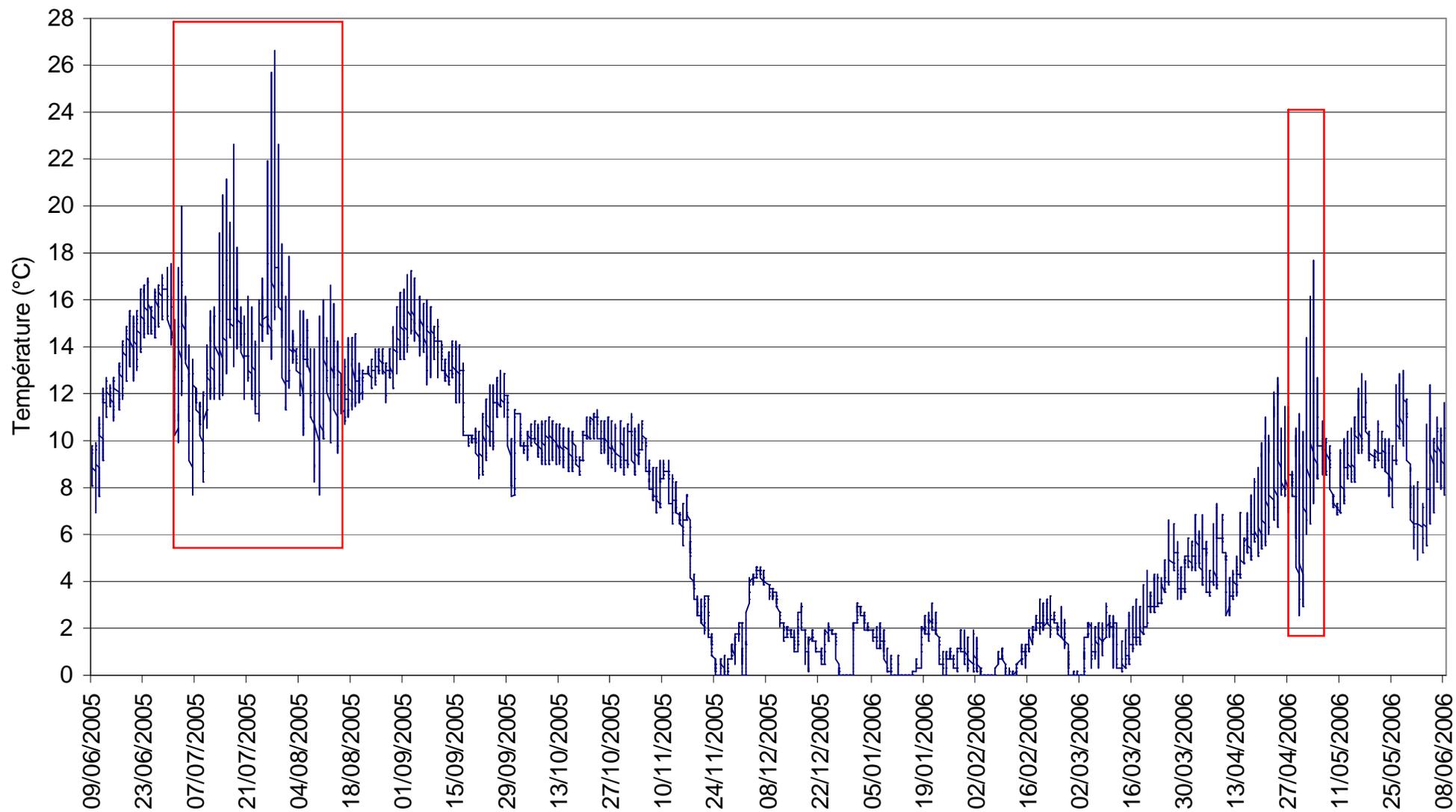
DONNEES BRUTES FF PT FILLINGES



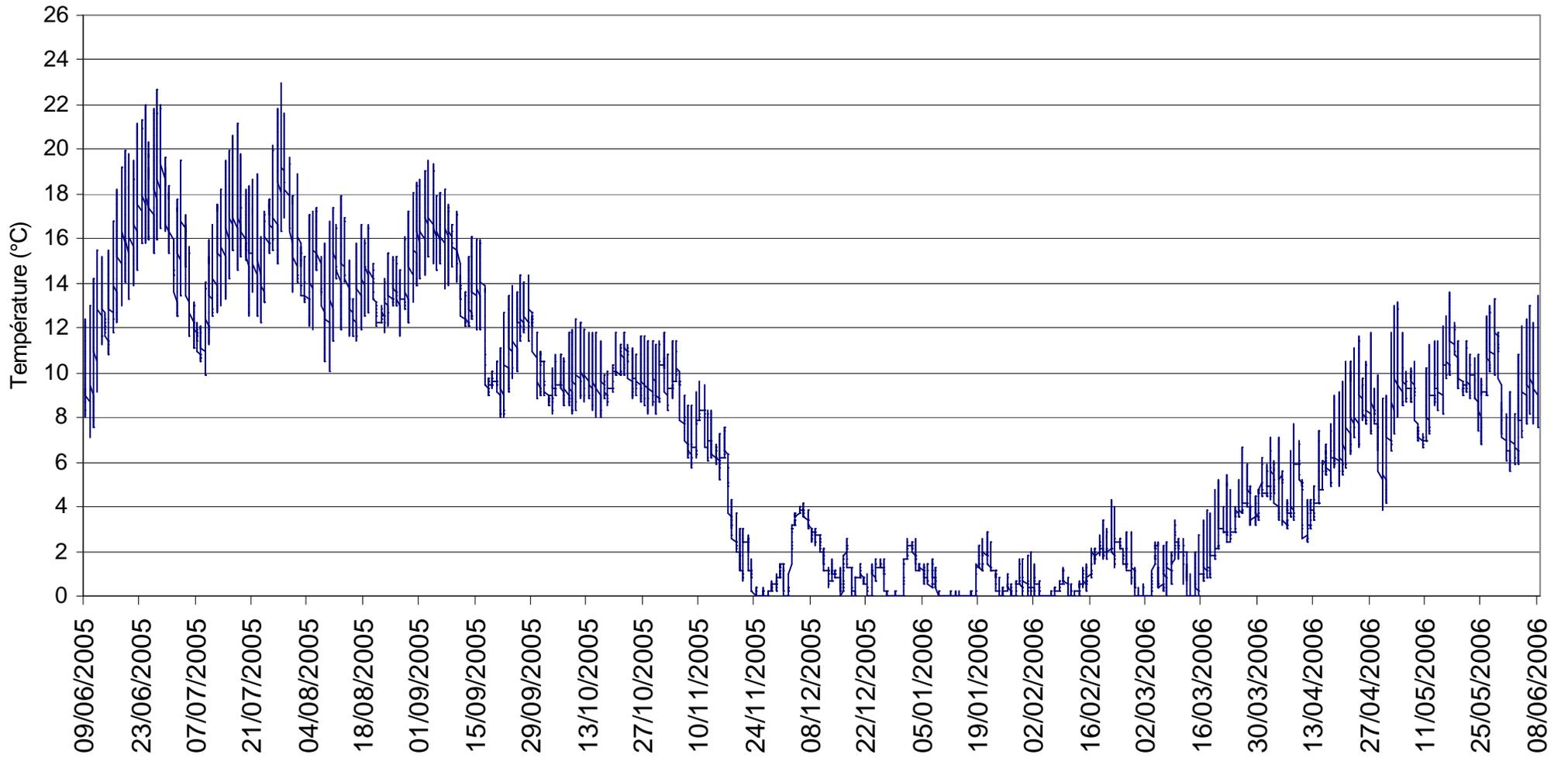
DONNEES BRUTES FF BOSSON



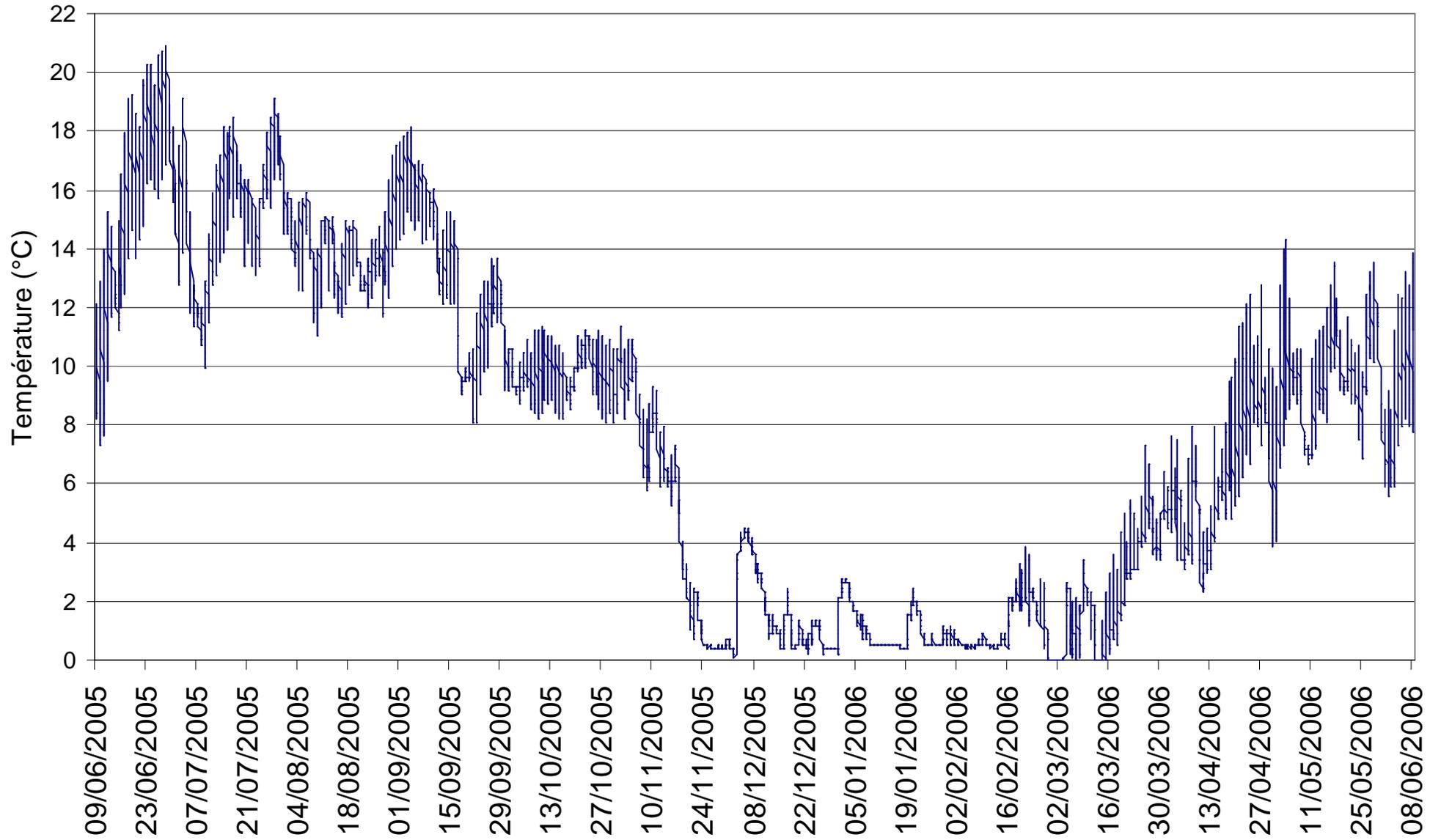
DONNEES BRUTES BS MOULIN



DONNEES BRUTES RAFORT



DONNEES BRUTES BS RAGOTI



DONNEES BRUTES BS AMONT STEP

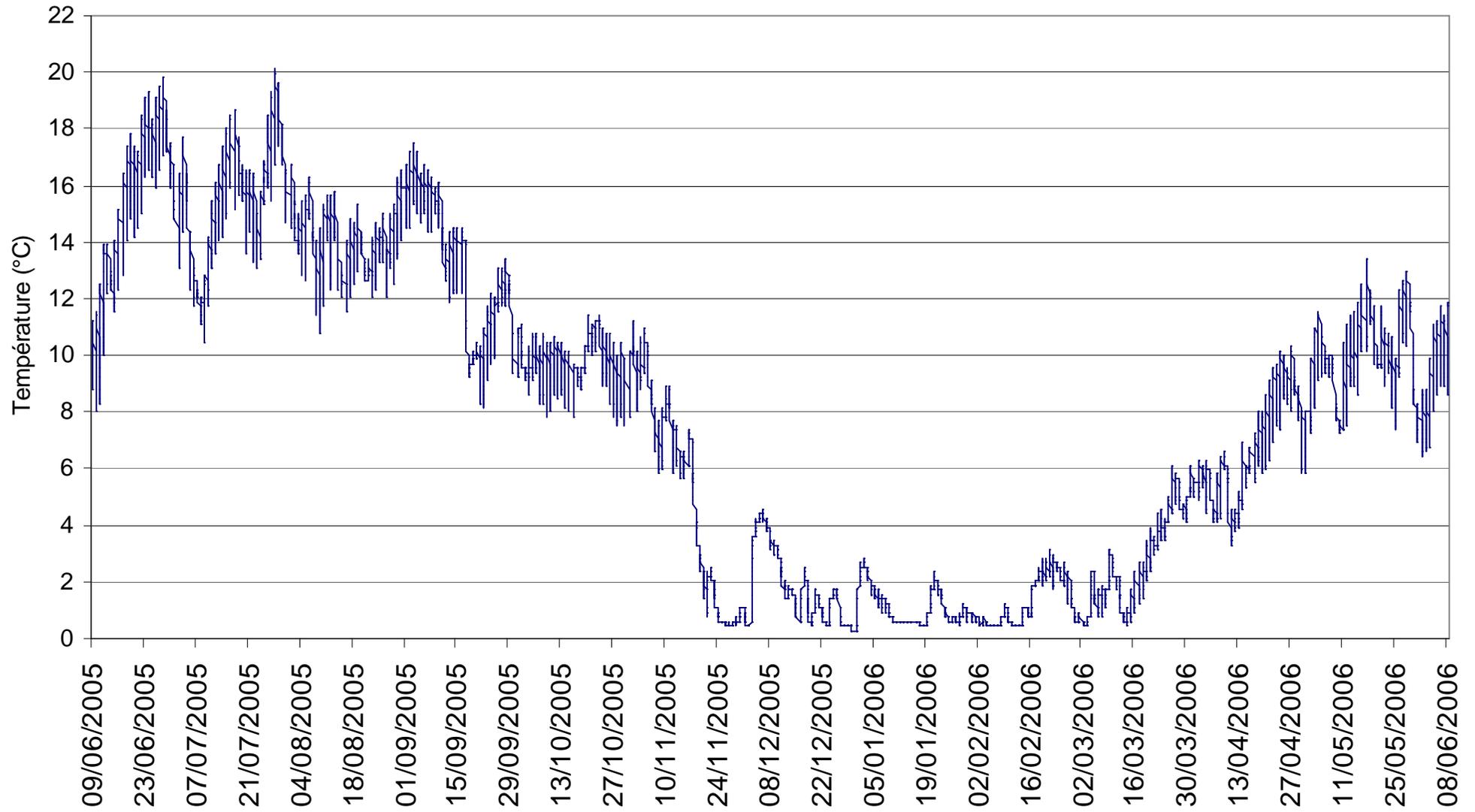


Tableau des valeurs des paramètres thermiques interprétés sur les 14 stations étudiées sur le bassin de la Menoge.

cours d'eau	station	T Maxi H	Amplitude An H	T Moy 30 jours	Nbjours T 4 19	Nb Heures Max Seq SupEg 25	Nb Heures SupEg 19	Nb Heures Max Seq SupEg 19	Nb Heures Max Seq SupEg 15	Nb Jours D3	Nb Heures Max Seq Sup 12 sur D3	Nb Heures Max Seq Inf 1 sur D3
Brevon de Saxel	Rafort	22,98	22,95	15,96	230	0	175	13	212	168	10	241
	BS Moulin				238	0	0	0	65	167	9	204
	BS Ragoti	20,9	20,9	15,72	237	0	64	12	214	166	12	346
	BS amt step	20,12	19,85	15,69	239	0	48	10	217	165	12	266
Foron de Fillinges	FF amont	16,5	16,5	12,95	220	0	0	0	21			
	FF pt Boex	17,76	17,76	13,91	253	0	0	0	41	160	10	23
	FF Lèchère	18,99	18,99	14,92	256	0	0	0	87	157	7	105
	FFpt Fillinges	21,64	21,5	15,4	282	0	35	10	112	145	12	13
	FF Bosson	20,74	20,74	16,21	272	0	91	12	237	145	14	34
La Menoge	M amont	17,46	17,46	13,54	239	0	0	0	43	167	1	231
	M Avl Pt Boege	18,49	18,49	14,55	248	0	0	0	20	157	12	108
	M pt Morand	23,27	23,27	16,96	242	0	261	14	277	156	18	247
	M pt Bonne	25,2	25,2	18,26	226	3	566	21	352	155	38	249
	M Rossat	26,36	26,36	18,96	226	5	717	42	547	148	19	108

en fonction des dates concernées par l'exondation :

 valeurs inutilisables
 valeurs modifiées

valeurs influencé par l'exondation :

 valeur actuelle sur-évaluée
 valeur actuelle sous-évaluée