



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 DES AFFLUENTS DU CHERAN HAUT SAVOYARD

DONNEES 2005-2006

Syndicat Interdépartemental d'Aménagement du Chéran



Laure VIGIER
Ludovic CATINAUD
Arnaud CAUDRON
(Réf rapport FDP74.03/07)

Mai 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. Ainsi, des partenariats ont été développés entre la Fédération de Pêche de Haute-Savoie et certaines structures porteuses de contrat de rivières en phase de réalisation. Actuellement, trois territoires sont concernés à savoir le bassin du Chéran (SMIAC), le Foron de Gaillard (SIFOR) et les affluents du Sud Ouest Lémanique (SYMASOL). Le partenariat mis en place est le suivant : les sondes sont acquises par le maître d'ouvrage du contrat de rivières et sont donc la propriété de ce dernier mais leur gestion (pose/dépose, programmation des sondes et traitements des données) est déléguée à la Fédération de Pêche 74. Les stations suivies sont choisies en concertation 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). Ce rapport présente les résultats de la seconde campagne de l'étude thermique réalisée sur le bassin du Chéran qui a eu lieu au cours des années 2005-2006.

I) Protocole de suivi

Le suivi thermique a été réalisé sur 15 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 Ludovic Catinaud (AAPPMA Albanais) et Anthony Large (FDP74) au mois de mai 2005 et récupérées par Ludovic Catinaud de septembre 2006 à mars 2007. La période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 18/09/2005 et le 17/09/2006.

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).

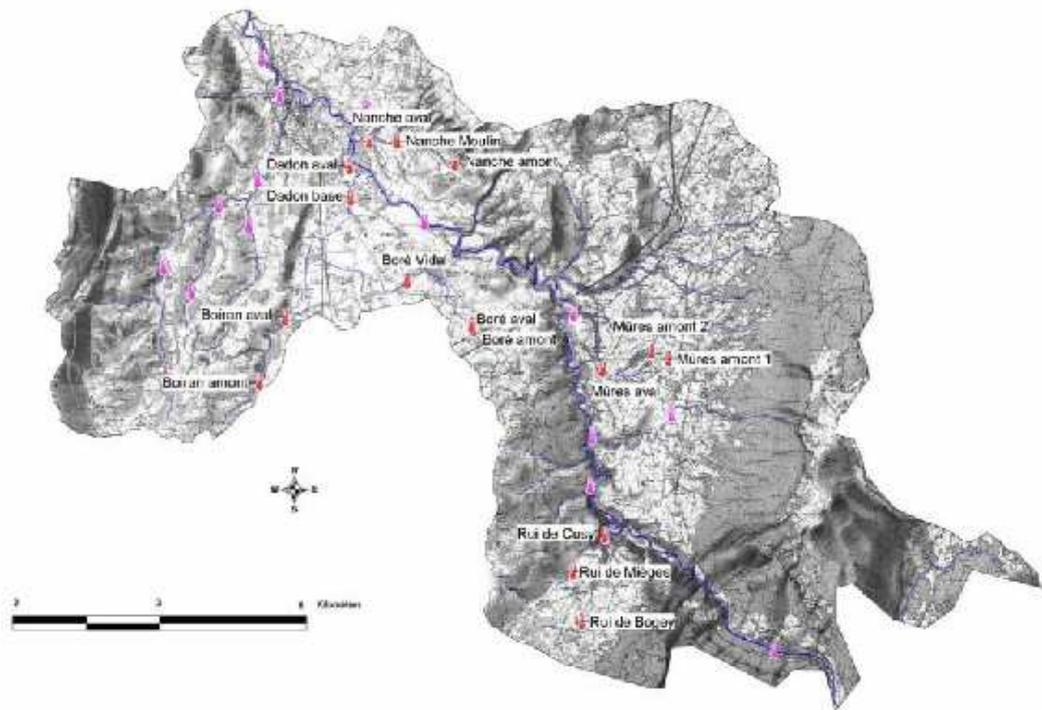
Nom variable	Description
T Mini H	Valeur de la température instantanée minimale relevée pendant le cycle annuel
T Maxi H	Valeur de la température instantanée maximale relevée pendant le cycle annuel
T Moy An	Moyenne sur l'année des températures instantanées relevées pendant le suivi
Amplitude An H	Différence 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

Tableau 1 : Présentation et description des 30 variables thermiques calculées à partir des données de température récoltées sur les affluents du Chéran.

II) Localisation des enregistreurs thermiques sur le Bassin du Chéran

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

AVAL



AMONT

Figure 1 : Localisation géographique des 15 stations étudiées sur le bassin du Chéran dans le cadre du suivi thermique en 2005-2006 (rouge) et, à titre indicatif, celles étudiées en 2004-2005 (en violet).

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

cours d'eau	stations	localisation	distance à la source (Km)	altitude (m)	remarques
	ruï de Bogey	Chez les Bogey, 20m en aval du chemin.	0,5	805	
	ruï de Mièges	La Curiaz, à hauteur d'une aire de jeux (Stade Boget).	2	530	
	ruï de Cusy	Balevaz (Meurat), à environ 100m en amont de la confluence avec le Chéran.	3,3	440	
ruï des Mûres	amont	Viuz-la-Chézaz	1,1	540	sonde déplacée après assèchement du ruisseau (11 juillet 2005).
	aval	Le Taraudet, environ 100m en aval d'un ancien dépôt d'ordure en bordure de route.	2,5	480	
Nant Boré	amont	Zone industrielle d'Alby/Chéran, environ 50m en amont du rejet de l'entreprise Dipastos.	1,4	440	
	aval	Zone industrielle d'Alby/Chéran, environ 100m en aval du rejet de l'entreprise Dipastos.	1,6	435	engravée
	Vidal	Chez vidal	9,1	329	envasée
Boiran	amont	Ansigny	3,9	375	à moitié hors d'eau lors de la récupération.
	aval	Bloye	8,1	345	
Dadon	base	base de loisir	10,5	460	
	aval	Stand de tir	13,8	380	
Nant de la Nanche	amont	vers Nanche, dans un secteur de méandres.	1,2	445	
	moulin	Moulin des îles	3,3	370	
	aval	les Grangettes, environ 80m en amont de la confluence avec le Chéran.	4,1	330	enfouie sous 15 cm de graviers.

III) Résultats

III.1) Validation des données

Sur les 15 sondes immergées, aucune n'a montré de données aberrantes. La totalité des enregistrements réalisés pendant la période choisie a donc été utilisée dans le traitement et l'analyse des données.

III.2) Conditions thermiques générales

Sur l'ensemble des stations étudiées sur les affluents du Chéran, les moyennes journalières varient de 0 à 20°C (figure 2 à 7). 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. Certains cours d'eau présentent une amplitude annuelle des moyennes journalières représentatives de milieux tamponnés particulièrement favorables pour cette espèce. Ainsi, le ruï de Bogey, le ruï de Mièges, le secteur amont du ruï des Mûres et du Nant Boré, présentent des amplitudes faibles à modérées avec des valeurs de moyennes journalières respectivement comprises entre 5,3 et 12°C, 2,3 et 16°C, 3,2 et 16,4°C, 3 et 18,6°C.

D'autre part, des variations brutales et amples des températures moyennes journalières durant les périodes estivales et hivernales, sont observables sur les deux stations du Dadon et la station Boré Vidal. En effet, sur la station Dadon base, qui est la plus représentative de ce phénomène, l'on observe des variations de l'ordre de 4 à 6 °C, sur de courtes périodes (1 à 3

heures) puis un retour progressif (de 12 à 24 heures) aux valeurs de températures antérieures à ces épisodes.

En dehors de ces épisodes, le Dadon au niveau de la base de loisir semble plus tamponné et relativement frais en été. Ceci pourrait être l'effet de la réalimentation du Dadon par une source, située en amont immédiat de la sonde, après une zone d'assèchement entre la station Boré Vidal et Dadon base.

La recherche de ces épisodes sur la base des "anomalies" observées sur le profil thermique annuel des températures moyennes journalières de l'ensemble des stations (annexe 2) a permis un bon ciblage des périodes à étudier plus précisément (figure 6). Ainsi, 13 séquences ont été détaillées (évolution horaire des températures, annexe 3). Leur observation fait ressortir :

- l'absence de régularité de l'apparition de ces phénomènes dans le temps.
- que l'on observe de brusques et importantes diminutions des températures en hiver et de brusques et importantes augmentations de températures en été.
- l'absence de similitude de l'évolution des températures lors de ces épisodes concernant les modalités de réaction des stations (nombre de stations impliquées, forme des profils...).

Ces remarques montrent la complexité du problème posé par ces épisodes. En effet, aucun déterminisme ne peut être dégagé sur la base des seules données thermiques dont nous disposons. Trop de facteurs pouvant influencer les valeurs thermiques restent inconnus : l'évolution journalière des débits du Dadon et de sa source d'alimentation au niveau de la station Dadon base, les données climatiques journalières (température extérieure, précipitations), les activités industrielles présentes sur la bassin du Dadon et pouvant induire des rejets d'eau ponctuels capables de modifier brutalement le régime thermique du Dadon.

Ainsi aucun des facteurs cités précédemment ne semble pouvoir expliquer à lui seul de façon satisfaisante l'évolution des températures observées (annexes 3). Cependant aucun ne peut être éliminé et la possibilité de leur action conjuguée et variable, selon les cas, doit être envisagée.

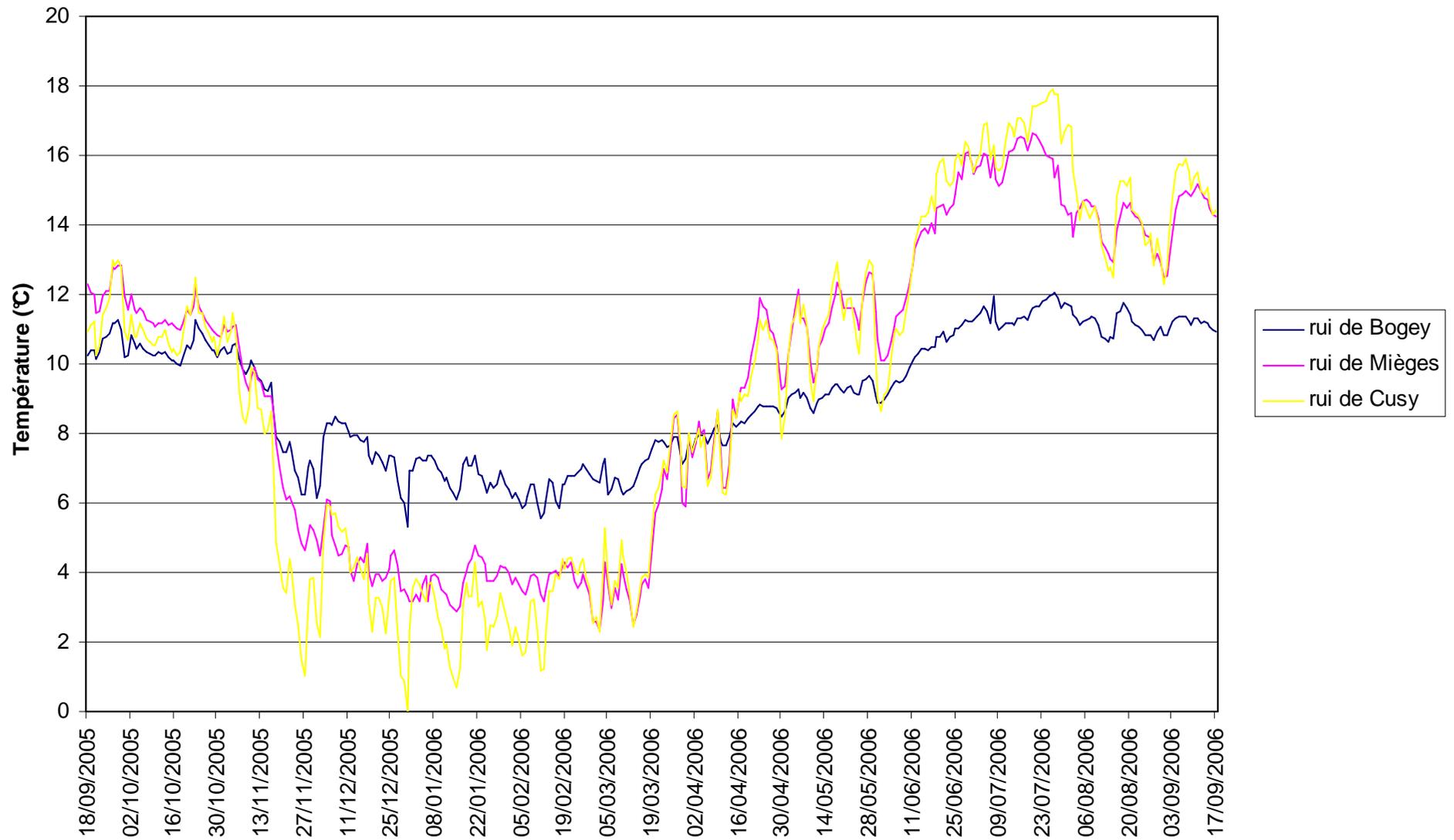


Figure 2 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 18/09/2005 au 17/09/2006 pour les 3 stations étudiées sur 3 affluents situés à l'amont du bassin versant haut savoyard du Chéran : rui de Bogey, rui de Mièges et rui de Cusy.

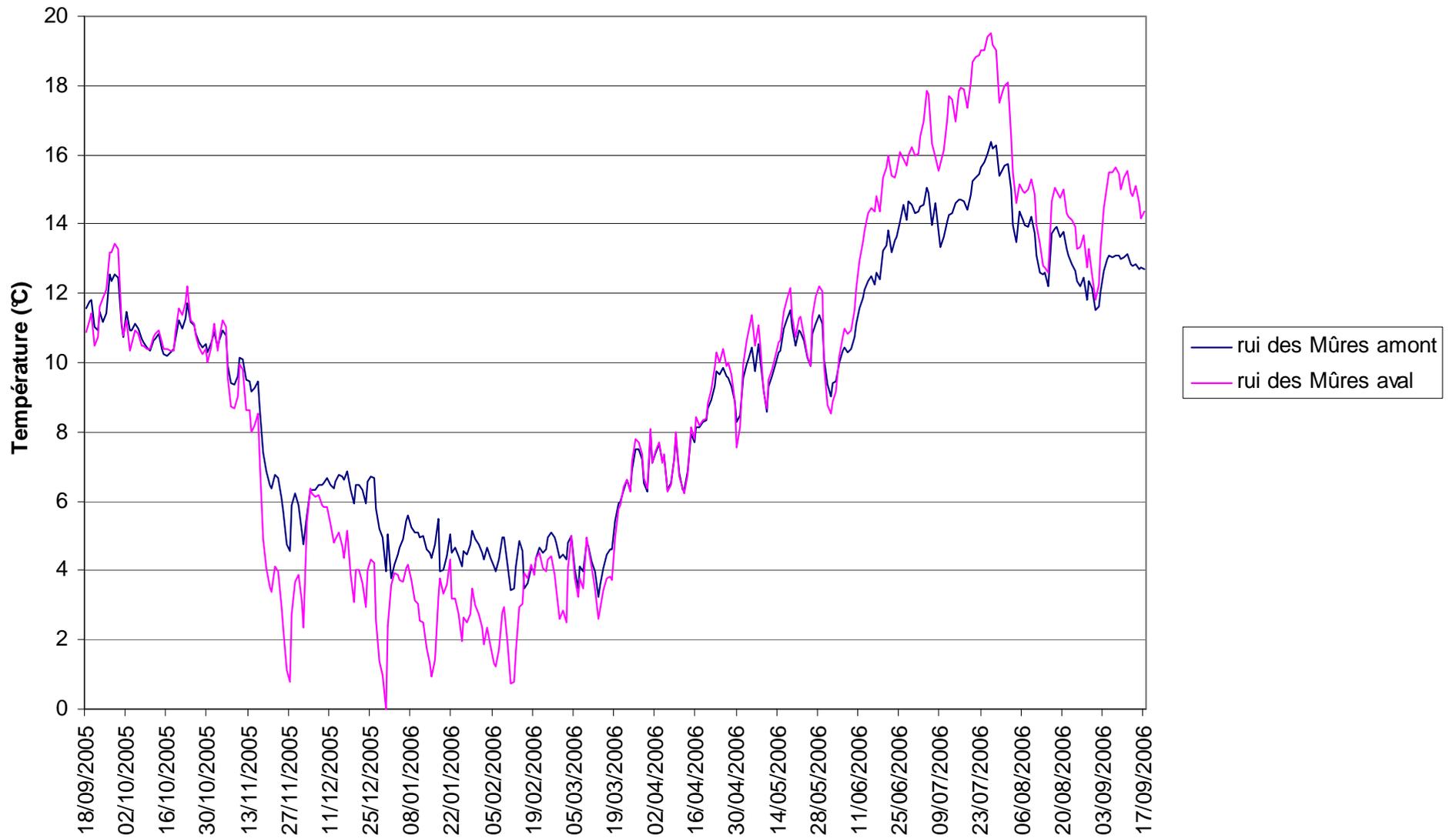


Figure 3: Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 18/09/2005 au 17/09/2006 pour les 2 stations étudiées sur le rui des Mûres, affluent du Chéran.

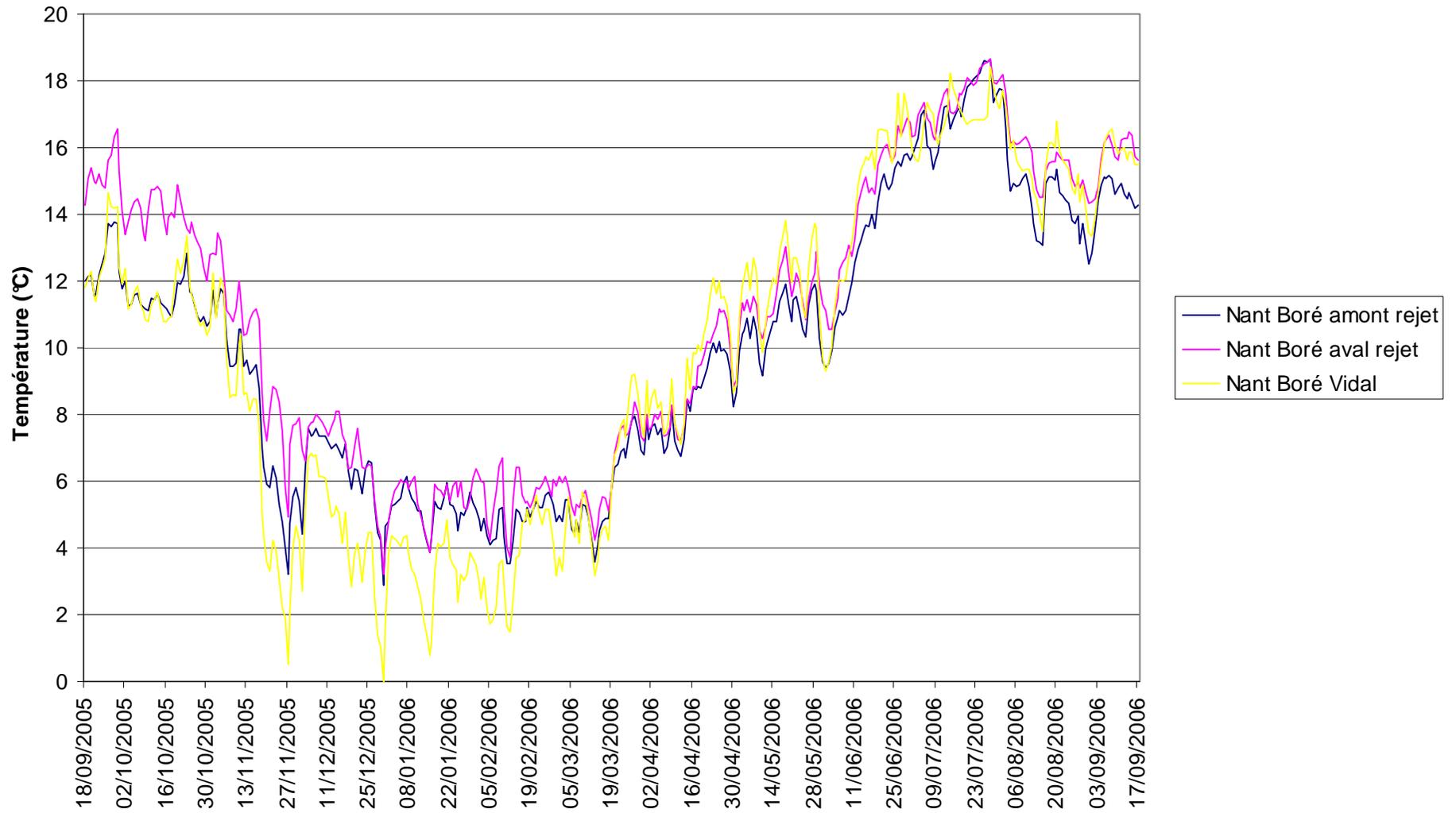


Figure 4 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 18/09/2005 au 17/09/2006 pour les 3 stations étudiées sur le Nant Boré, affluent du Dadon.

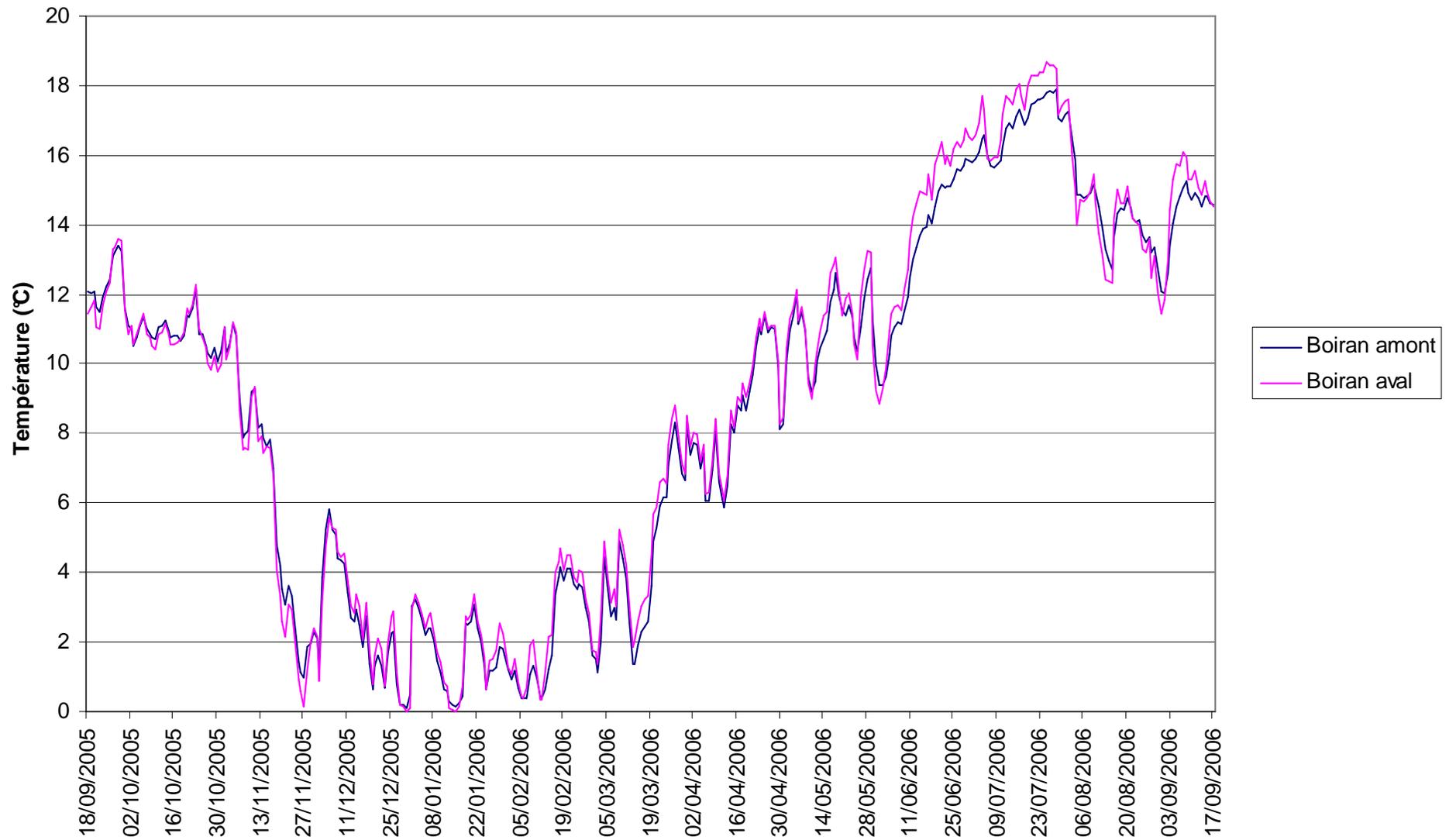


Figure 5 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 18/09/2005 au 17/09/2006 pour les 2 stations étudiées sur le Boiran, affluent du Dadon.

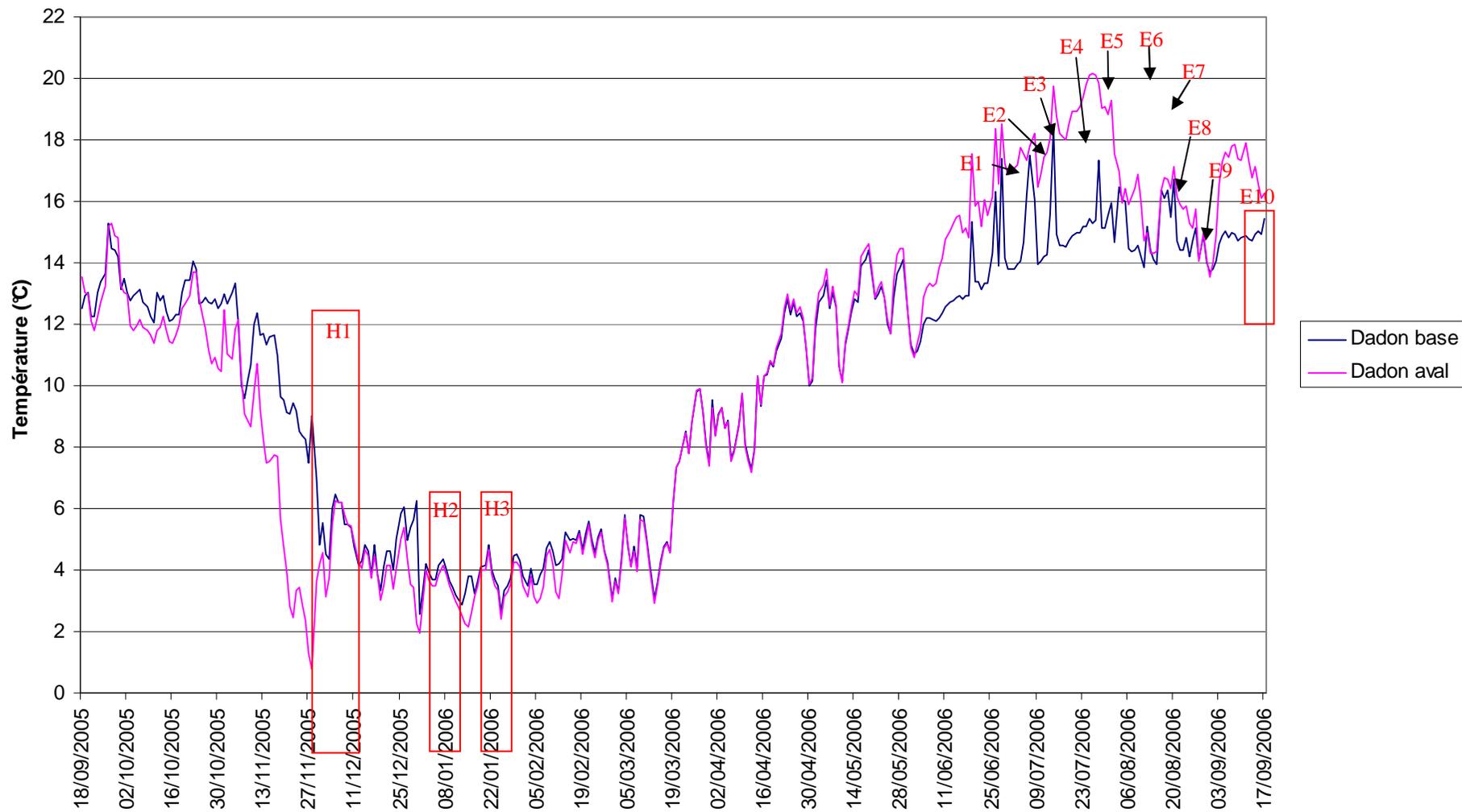


Figure 6 : Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 18/09/2005 au 18/09/2006 pour les 2 stations étudiées sur le Dadon, affluent du Chéran, et localisation des "épisodes atypiques".

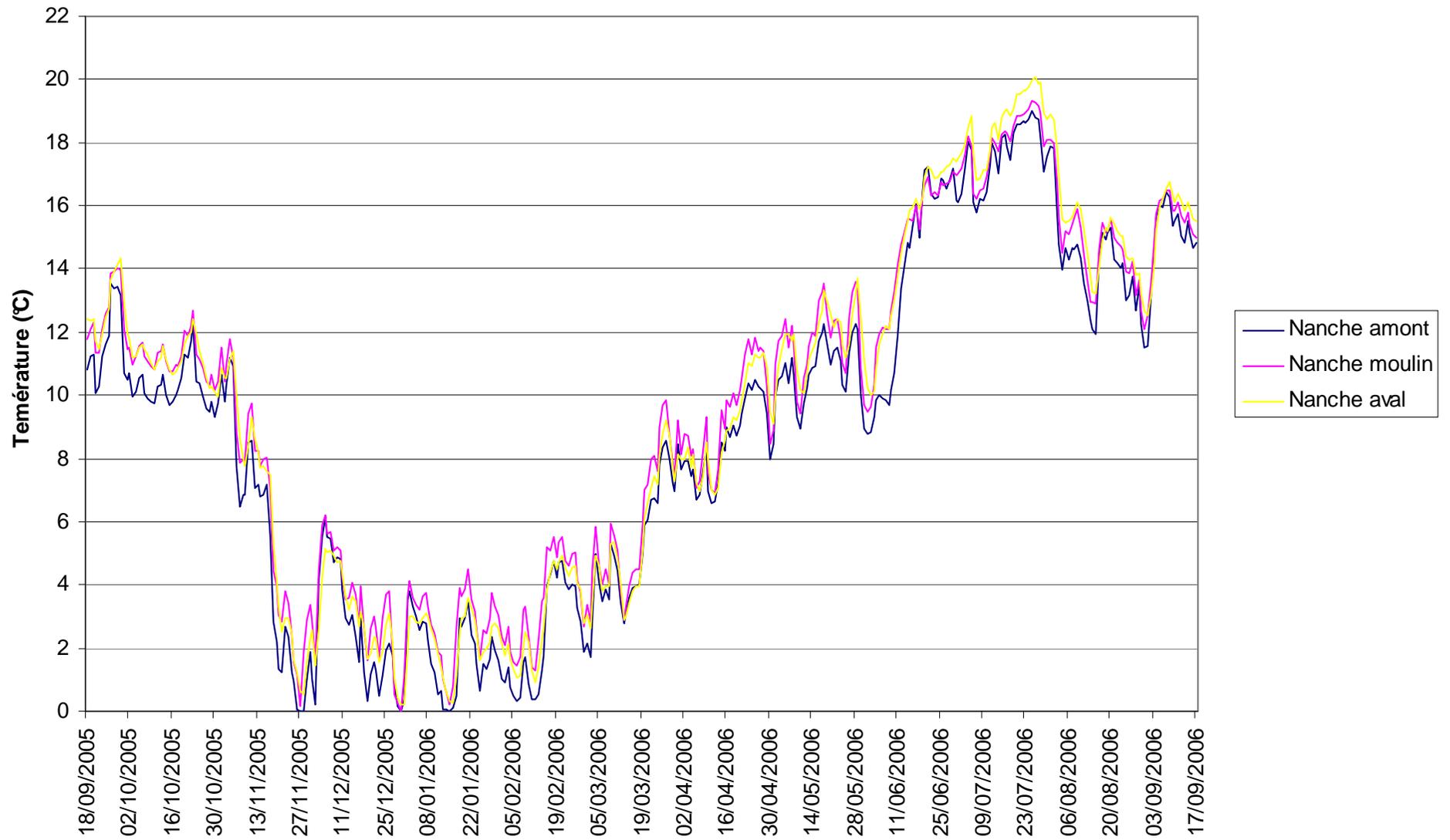


Figure 7: Courbes des températures moyennes journalières calculées sur la période du 18/09/2005 au 17/09/2006 pour les 3 stations situées sur le Nant de la Nanche, affluent du Chéran.

III.3) Température extrême, amplitude et moyenne estivale

Les valeurs de températures maximales et d'amplitudes annuelles montrent des distributions globalement similaires (Figure 8). Aucune station ne dépasse le seuil de 25°C, considérée comme valeur critique (létale ou sub-létale) pour la survie de la truite commune en rivière.

La variété des valeurs obtenues pour ces deux paramètres sur les affluents du Chéran étudiés est principalement liée à la différence de pouvoir tampon des milieux concernés. Ainsi, le Rui de Bogey atteint la valeur de 13°C au maximum et montre une amplitude annuelle des valeurs extrêmes instantanées de 8,6°C. Outre cette situation exceptionnelle, le rui de Mièges, l'amont du rui des Mûres ainsi que l'amont du Nant Boré, présentent des valeurs de température maximale de l'ordre de 17°C et 19°C et des valeurs d'amplitude annuelle de l'ordre de 16°C. Avec des amplitudes thermiques journalières globalement moyennes (annexes 1), ces situations répondent bien aux exigences thermiques de la truite commune.

Sur les autres stations étudiées, les valeurs de températures minimales sont proches ou égales à zéro. Les températures les plus élevées ainsi que les amplitudes thermiques instantanées (figure 8.A et 8.B) et journalières (annexe 1) les plus fortes sont relevées sur le Dadon à partir de la base de loisir.

Si la distribution des histogrammes de la moyenne des trente jours les plus chauds (figure 8.C) est globalement comparable aux deux premiers (figure 8.A et 8.B) deux stations sont remarquables :

- La station Boré aval, située 150m en aval de la station Boré amont et 100m en aval du rejet de l'entreprise Dipastos, montre un plus fort tamponnage des températures. En effet, les valeurs de la température maximale instantanée et de l'amplitude thermique sont légèrement plus faibles (respectivement de 0,5°C et 1,3°C) que sur la station amont. Par contre, la valeur de la moyenne des 30 jours les plus chauds augmente de 0,4°C sur la station située en aval.

Ces observations indiquent une légère modification du régime thermique entre les deux stations qui se manifeste par un effet tampon sur la station aval. La proximité des deux stations et l'homogénéité apparente du contexte ne permet pas d'expliquer ces variations. La température relativement constante des rejets d'eaux de lavage de l'entreprise Dipasto, tout au long de l'année, pourrait être un facteur explicatif du léger effet tampon observé à son aval. Cette modification d'origine artificielle semble confirmée par la valeur moyenne obtenue pour le 30 jours les plus chauds globalement plus forte à l'aval. Ainsi, durant la période estivale, les rejets maintiendraient des températures instantanées légèrement plus faibles, mais des moyennes journalières plus fortes qu'à l'amont. Ceci pourrait s'expliquer par la température du rejet vraisemblablement dans le haut de la gamme des températures atteintes par le cours d'eau en période estivale mais toujours inférieure aux maximales et par le débit et la durée des rejets réalisés. Cependant, si la présence du rejet semble observable, son influence d'un point de vue thermique resterait légère.

- La station Dadon base présente des températures maximales et des amplitudes thermiques fortes. Mais c'est également la station du bassin du Dadon (Boiran et Nant Boré inclus) sur laquelle la température moyenne des 30 jours les plus chaud est la plus faible (15,4°C). Comme il a été observé précédemment, le caractère plus frais pourrait être le résultat de la réalimentation du Dadon par une source en amont immédiat de la sonde thermique, alors que sa sensibilité aux variations de température pourrait être liée à son faible débit d'étiage à ce niveau (assèchement en amont) qui rend le cours d'eau particulièrement influençable par des éléments

externes (température de l'air, précipitations, rejets liés aux activités humaines ...) d'un point de vu thermique.

Malgré tout, l'ensemble des stations étudiées, présentent pour ces paramètres, des valeurs non limitantes pour la vie salmonicole.

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.

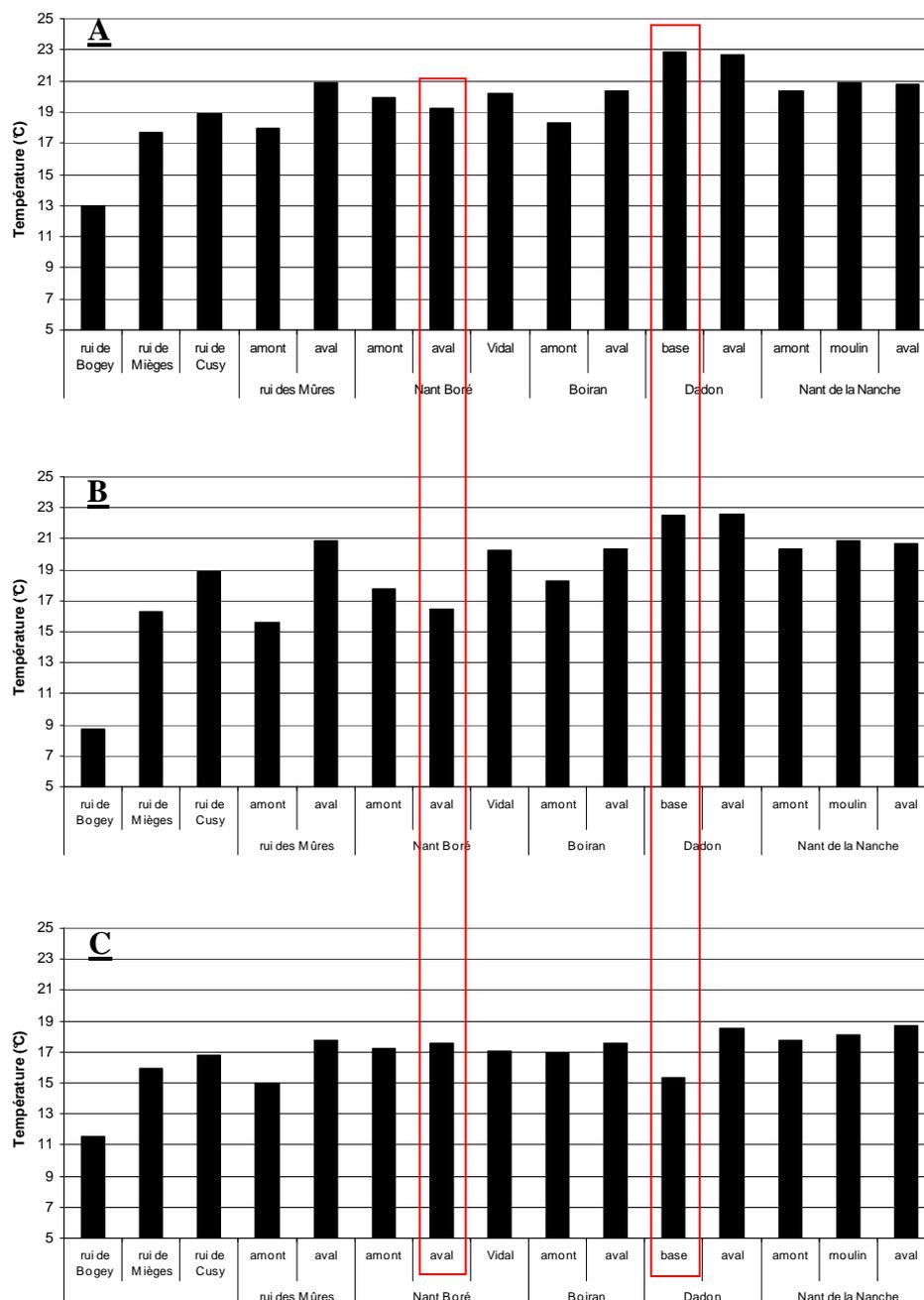


Figure 8 : Température maximale (A), amplitude (B) et moyenne des trente jours les plus chauds (C) obtenues sur les 15 stations concernées par le suivi thermique réalisé sur les années 2005-2006 sur le bassin du Chéran.

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 9.A montre des différences de la durée du préférendum thermique entre les stations situées sur le Chéran avec des valeurs comprises entre 258 et 365 jours par an. Ces durées d'optimum thermique sont moyennes à fortes par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006, Vigier *et al.*, 2007b).

Cette durée est équivalente à l'année entière ou presque sur les cours d'eau déjà identifiés précédemment comme présentant les caractéristiques de milieux "tamponnés" : le rui de Bogey, l'amont du rui des Mûres ainsi que sur l'amont du Nant Boré. Le rui de Mièges, également considéré comme tel, présente cependant des valeurs de moyennes journalières fréquemment légèrement inférieures à 4°C durant la période hivernale, ce qui le rend moins favorable à la vie salmonicole. Cependant, avec des températures considérées comme optimales durant 295 jours par an ainsi que l'absence d'atteinte de températures élevées durant le cycle annuel (figure 9.B et 9.C), le rui de Mièges possède des caractéristiques thermiques répondant favorablement aux exigences thermiques de la truite commune.

Le rui de Cusy présente des caractéristiques proches du rui de Mièges pour les trois descripteurs présentés en figure 9, la durée du préférendum thermique annuelle est cependant diminuée (274 jours/an) par l'enregistrement de valeurs plus faibles sur une période légèrement plus longue durant la période hivernale.

Le rui des Mûres évolue de l'amont vers l'aval d'une situation tamponnée à une situation où l'amplitude thermique annuelle est beaucoup plus forte : de 15,6°C à l'amont à 20,85°C à l'aval. L'atteinte de températures élevées (>19°C) en période estivale et principalement de faibles températures (<4°C) en période hivernale, contribue à diminuer fortement la durée annuelle du préférendum thermique de la truite de l'amont (351 jours/an) vers l'aval (275 jours/an) sur un linéaire de 1,4 Km. La proximité d'une zone humide associée au cours d'eau dans la zone amont pourrait expliquer les fortes différences observées sur une si courte distance.

Le Dadon et ses affluents montrent des conditions thermiques très différentes. En effet, le secteur amont du Dadon, représenté par le Nant Boré, montre des caractéristiques thermiques optimales : durée de préférendum thermique de la truite de l'ordre de 360 jours et atteinte de températures élevées (>19°C) sur une courte période (33 heures maximum cumulées sur l'année). Plus en aval, la station Boré Vidal, présente une durée de préférendum thermique relativement élevée (303 jours/an) bien que plus faible que sur son secteur amont. Les faibles températures hivernales observées sur cette station, fréquemment inférieures à 4°C sur des périodes relativement longues, expliquent cette évolution. Sur la station Dadon Base, malgré des amplitudes thermiques journalières estivales ponctuellement élevées, les températures enregistrées sur cette station ont tendance à être globalement plus chaudes en hiver et plus fraîches en été ce qui rend ce secteur apparemment plus favorable à la vie salmonicole. Enfin, les conditions thermiques se dégradent au niveau de la station Dadon aval où les températures estivales sont élevées et dépassent régulièrement les 19°C (350 heures cumulées/an).

Sur le Nant de la Nanche, la durée du préférendum thermique de la truite est maximum au niveau de la station médiane Nanche Moulin (275 jours/an). Les plus faibles valeurs obtenues sur les deux autres stations pour ce paramètre sont la conséquence des plus longues

durées enregistrées concernant les faibles températures hivernales pour la station amont et les fortes températures estivales pour la station aval.

Pour ces trois paramètres, les affluents du Chéran présentent des valeurs thermiques favorables à la vie salmonicole avec des séquences maximales où la température excède 19°C de l'ordre d'une quinzaine d'heures au maximum, sauf pour la station aval du Nant de la Nanche où elle est dépassée durant presque 5 jours consécutifs (113 heures), ce qui est très élevé par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006).

Notons que l'évolution des débits, potentiellement limitantes pour le peuplement piscicole sur certains de ces cours d'eau (notamment le Dadon qui subit des assecs sur certains secteurs), ne sont absolument pas prise en compte dans cette analyse.

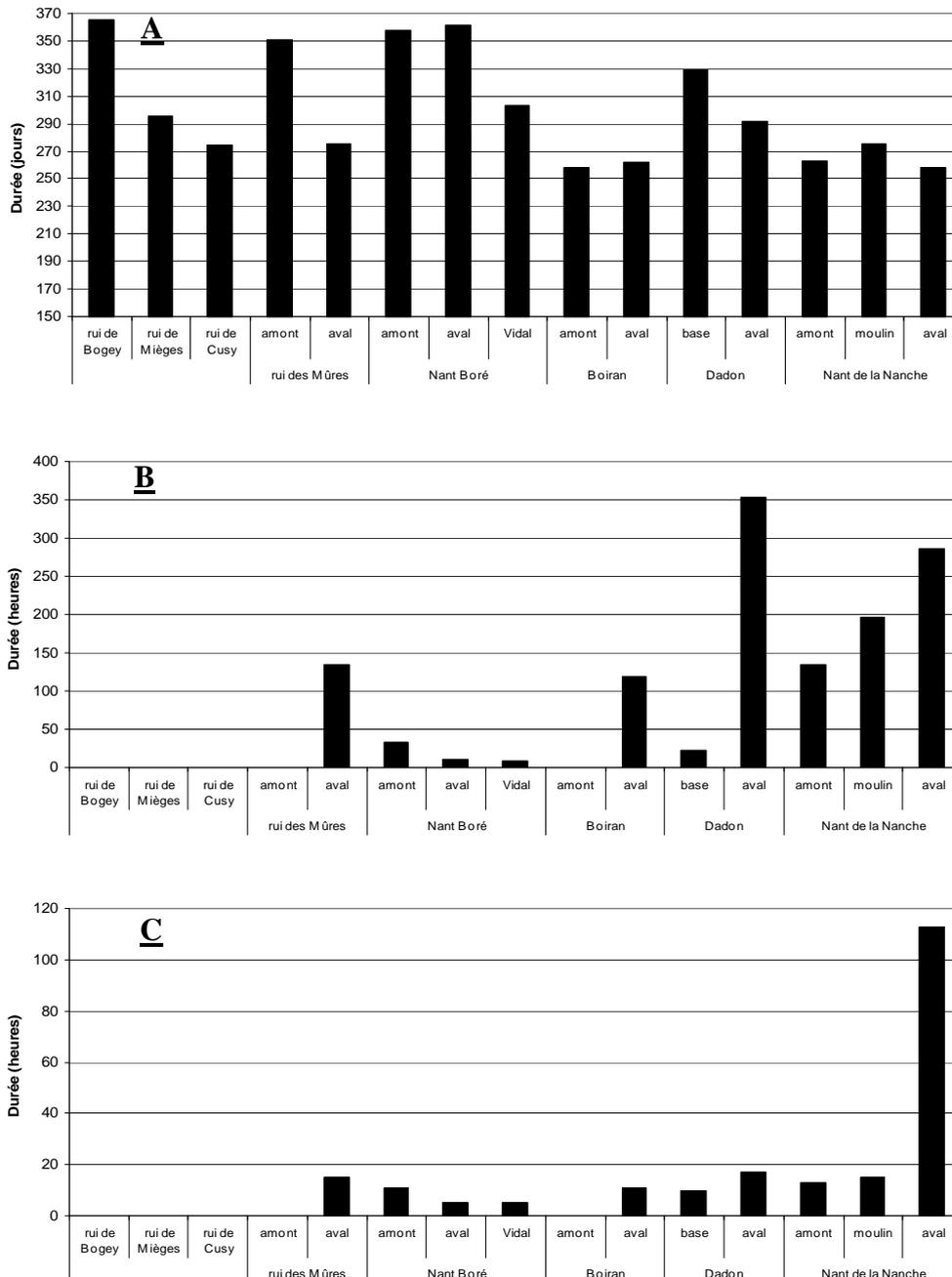


Figure 9 : Durée en jours du préférendum thermique de la truite commune (A), en heures de la durée totale où la température atteint ou dépasse 19°C (B) et durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 19°C (C) sur les 15 stations concernées par le suivi thermique réalisé sur les années 2005-2006 sur le bassin du Chéran.

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 affluents du Chéran, comme le Chéran lui-même (Vigier *et al.*, 2007a) présentent un risque potentiel important de développer la PKD (figure 10). En effet, sur la majorité des stations étudiées les conditions thermiques sont favorables au développement de cette maladie puisque la durée de 15 jours consécutifs au dessus de 15°C est largement dépassée (de 379 à 1410 heures). 3 stations (Boré aval, Boré Vidal et Nanche aval) montrent des durées de la séquence maximale où la température est supérieure à 15°C très supérieures à celles obtenues sur le département (Caudron *et al.*, 2006, Vigier *et al.*, 2007b), avec des valeurs comprises entre 1289 et 1410 heures consécutives. Parmi celles qui ne franchissent pas le seuil des 360 heures consécutives, les stations rui de Bogey Mûres amont et Dadon base traduisent une situation sans risque (respectivement 0, 40 et 78 heures consécutives), alors que la station située sur le rui de Cusy atteint une valeur très proche de cette limite (356 heures consécutives).

Ces observations montrent l'importance de prendre en compte ces risques potentiels d'infection dans l'étude des populations de truites sur le bassin du Chéran dans le cadre du contrat de rivière notamment au vu 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). En outre, des symptômes de la PKD sur des individus 0+ ont été observés sur plusieurs rivières dans le département de la Haute-Savoie (Caudron *et al.*, 2003 et 2004).

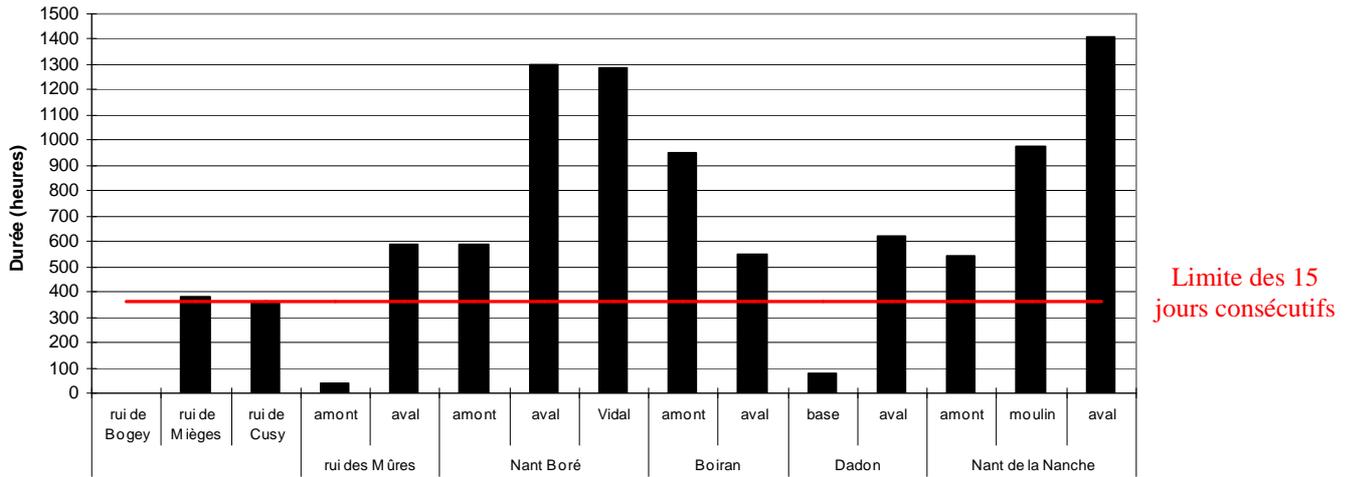


Figure 10: Durée en heures de la séquence maximale durant laquelle la température est restée au dessus de 15°C sur les 15 stations concernées par le suivi thermique réalisé sur les années 2005-2006 sur le bassin du Chéran.

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 inférieure à 1°C ou supérieure 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 117 et 151 jours (figure 11.A). Elles peuvent être considérées comme des durées d'incubation plutôt faibles par rapport aux autres résultats obtenus sur le département (Caudron *et al.*, 2006), notamment la valeur obtenue pour la station située sur le rui de Bogey qui est de 117 jours. Les cours d'eau pour lesquels des températures pouvant compromettre le bon développement embryo-larvaire sont relevées pendant les périodes de vie sous graviers identifiées, (figure 11.B) sont le Boiran et le Nant de la Nanche. En effet, les durées pendant lesquelles les températures sont inférieures à 1°C y sont relativement importantes (entre 68 et 125 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, suite à l'interprétation croisée des paramètres thermiques et de l'évaluation du recrutement naturel sur diverses stations d'autres cours d'eau (Vigier, 2006, Vigier *et al.*, 2007b), il semblerait que ce paramètre soit discutable du fait 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, nous ne pouvons préjuger de l'impact des faibles températures sur l'efficacité du recrutement naturel à partir de ce seul paramètre.

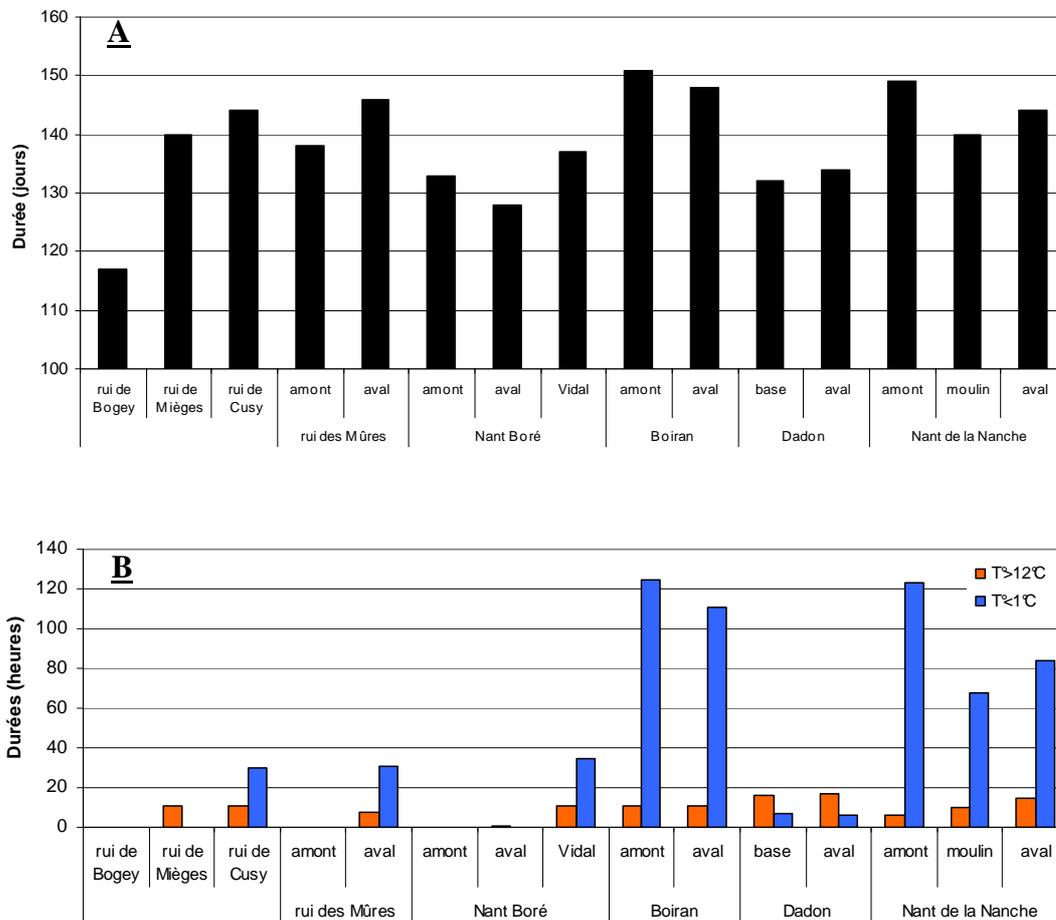


Figure 11 : Durée totale en jours de vie sous graviers (50% d'alevins émergents) (A) et durée en heures des séquences maximales durant lesquelles la température est restée au dessous de 1°C et au dessus de 12°C pendant la période du développement embryon-larvaire (B) sur les 15 stations concernées par le suivi thermique réalisé sur les années 2005-2006 sur le bassin du Chéran.

IV) Premières conclusions et perspectives

Cette étude thermique réalisée sur les affluents du Chéran a permis de mettre en évidence les points suivants :

- Tous les affluents étudiés montrent des conditions thermiques favorables et tout à fait compatibles avec la vie salmonicole. Certains cours d'eau ou secteur : ruisseau de Bogey, ruisseau des Mûres amont et amont du Nant Boré, présentent des caractéristiques thermiques particulièrement favorables : faibles amplitudes thermiques journalières et annuelles, durées de préférendum thermique de la truite proche ou égal à l'année. D'autres, au contraire, sont moins favorables à cette espèce du fait de températures estivales élevées sur une durée cumulée importante : Mûres aval, Boiran aval, Dadon aval, l'ensemble du linéaire de la Nanche et sur une durée consécutive longue en ce qui concerne la station Nanche aval.
- Les conditions thermiques sont très favorables au développement de la maladie PKD sur l'ensemble des cours d'eau étudiés et plus généralement sur l'ensemble du bassin du Chéran.
- 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 contre, le descripteur hivernal concernant la période de vie sous gravier est fiable et montre des durées non limitantes pour la réussite du développement embryon-larvaire et peuvent être considérées comme relativement faibles. Les descripteurs thermiques pouvant compromettre la survie des œufs et embryons pendant cette phase sont cependant à revoir (Cf : paragraphe précédent).
- En ce qui concerne le rejet étudié sur le Nant Boré, il montre un très léger impact au niveau de la station aval. Les efforts consentis et les mesures techniques prises par l'industriel pour préserver la qualité thermique du milieu semblent efficaces.
- Les causes des brusques variations thermiques observées sur le Dadon et le Nant Boré au niveau de la station Vidal durant les périodes d'étiages (hiver et été) restent à identifier. Les seules données thermiques dont nous disposons ne permettent pas de conclure. L'acquisition de données complémentaires paraît nécessaire, cette approche doit comprendre:
 - La pose de sondes thermiques au minimum sur les trois stations concernées : Boré Vidal, Dadon Base et Dadon aval,
 - Le recensement exhaustif des rejets effectués dans le cours d'eau et la détermination de leur origine,
 - Le suivi journalier du climat (température et précipitations) et des débits (Dadon et source de réalimentation) durant les deux périodes étiages (hivernal et estival),

- Une meilleure connaissance du contexte général : géologique et hydrogéologique, occupation des sols...

Un recouplement de ces données avec les profils thermiques obtenus permettrait peut-être d'affirmer ou d'infirmer les premières hypothèses émises.

Une étude de recherche spécifique de la PKD chez les juvéniles de truites pourrait être entreprise.

La pose de sonde et d'incubateurs test *in situ* sur de nombreux sites sur le département pourrait être envisagée afin de préciser les relations entre le taux de survie durant cette période et les températures enregistrées.

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. Projet 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.

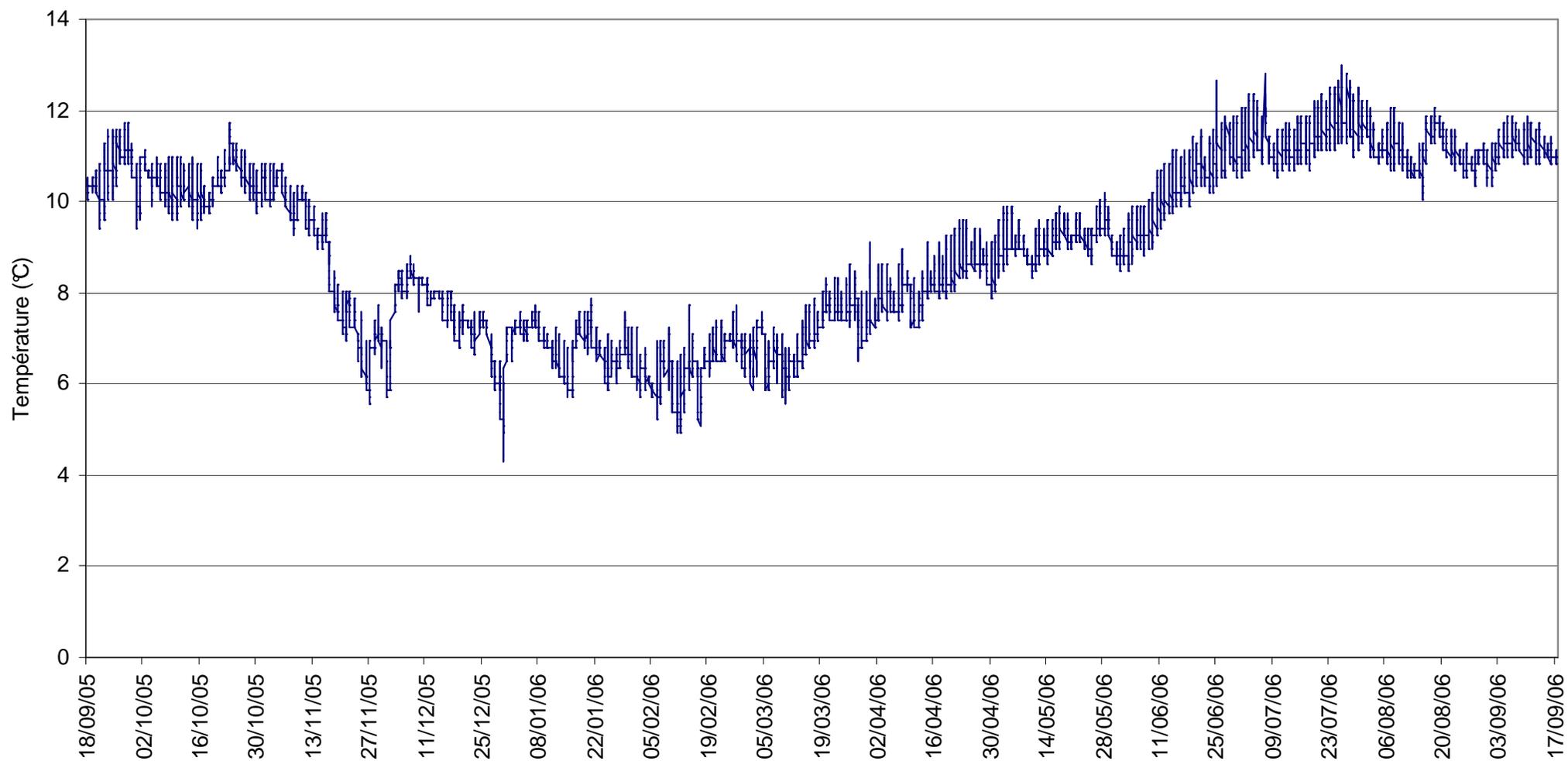
- Elliott J.M., Hurley M.A, 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. *Freshwater Biology*, 46, 679-692.
- Feist S.W., Peeler E.J., Gardiner R., Smith E., Longshaw M., 2002. Proliferative kidney disease and renal myxosporidiosis in juvenile salmonids 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.
- Vigier L., 2006. Diagnose écologique et recherche des causes de perturbation du peuplement piscicole du Foron de Reignier. FDP74.06/04, 51 p.+ annexes.
- Vigier L., Caudron A., Huchet P., 2007a. Etude de la qualité thermique du Chéran haut-Savoie, données 2004-2005. FDP74.01/07, 18 p.+ annexes.
- Vigier L., Caudron A., 2007b. Etude de la qualité thermique de la Menoge, données 2005-2006. FDP74.02/07, 20p. + annexes.

ANNEXES

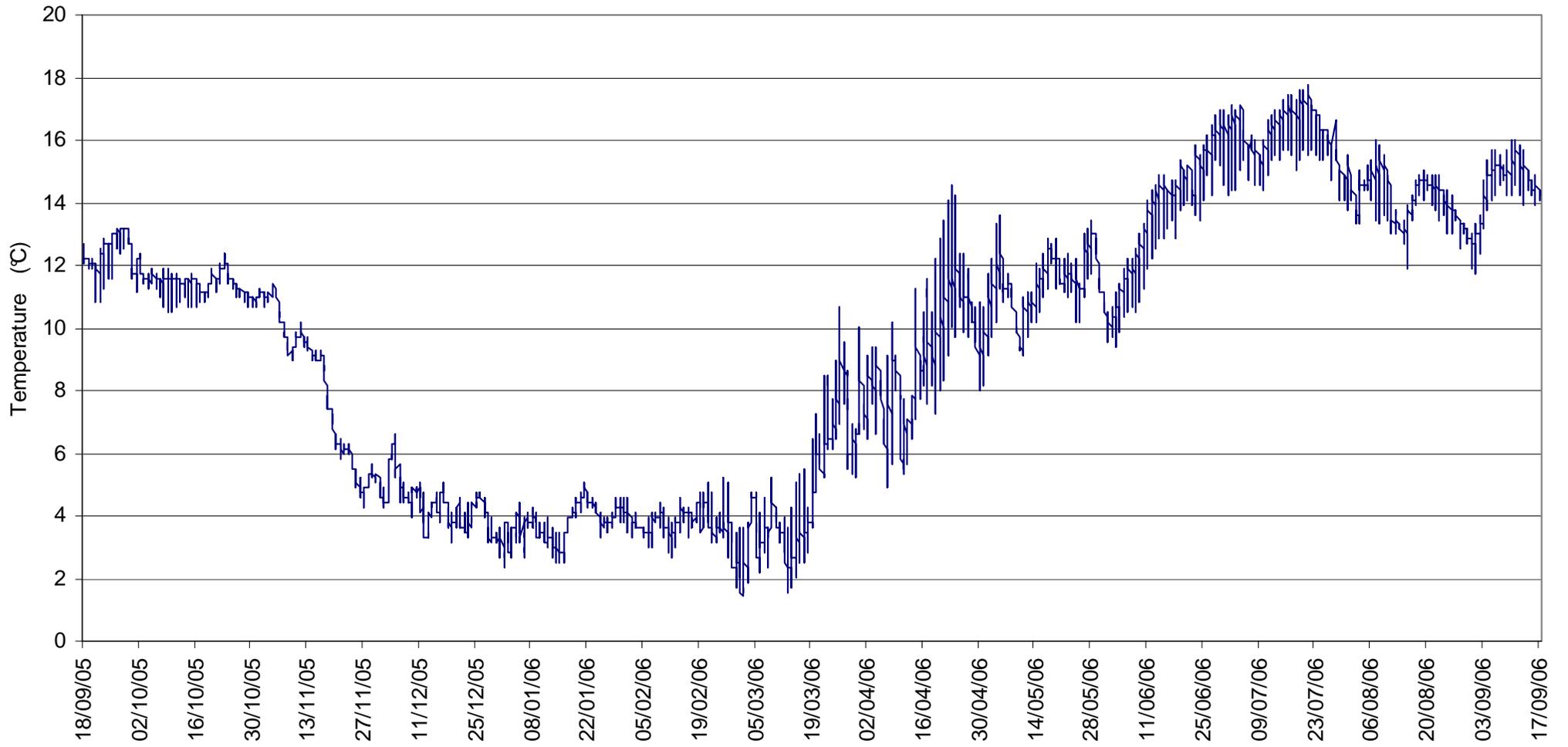
- Données thermiques brutes de chaque station: graphiques des données horaires sur la période choisie pour le traitement des données sur un cycle annuel est comprise entre le 01/03/2004 et le 28/02/2005.
- Profil thermique annuel des moyennes journalières :
 - toutes les stations sauf Dadon
 - toutes les stations
- Détail l'évolution horaire des températures lors de 12 épisodes remarquables (Cf : figure 6):
 - hivernaux : H1, H2 et H3
 - estivaux : de E1 à E9
- Tableau des valeurs des paramètres interprétés.

ANNEXE 1

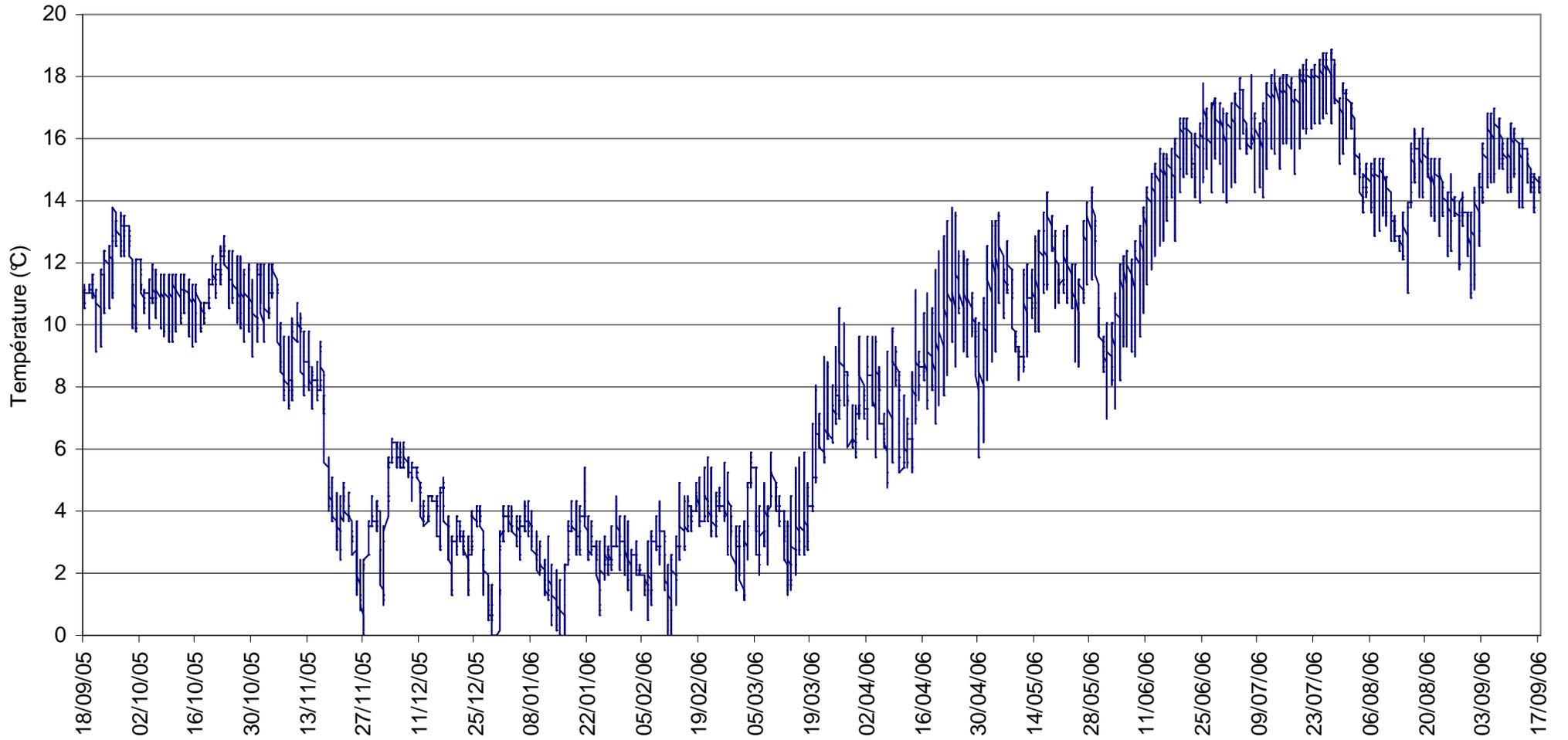
Données brutes Rui de Bogey



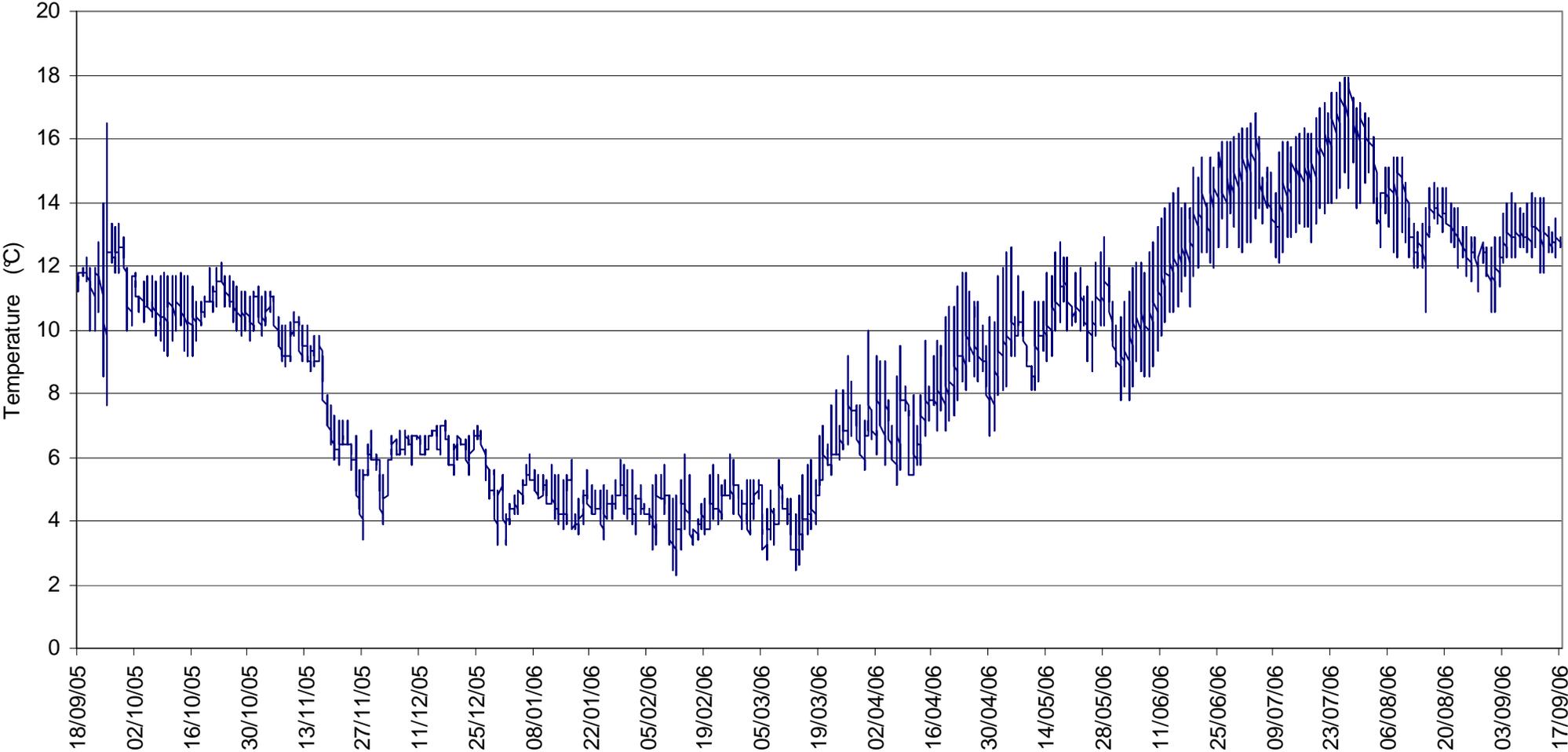
Données brutes Rui de Mièges



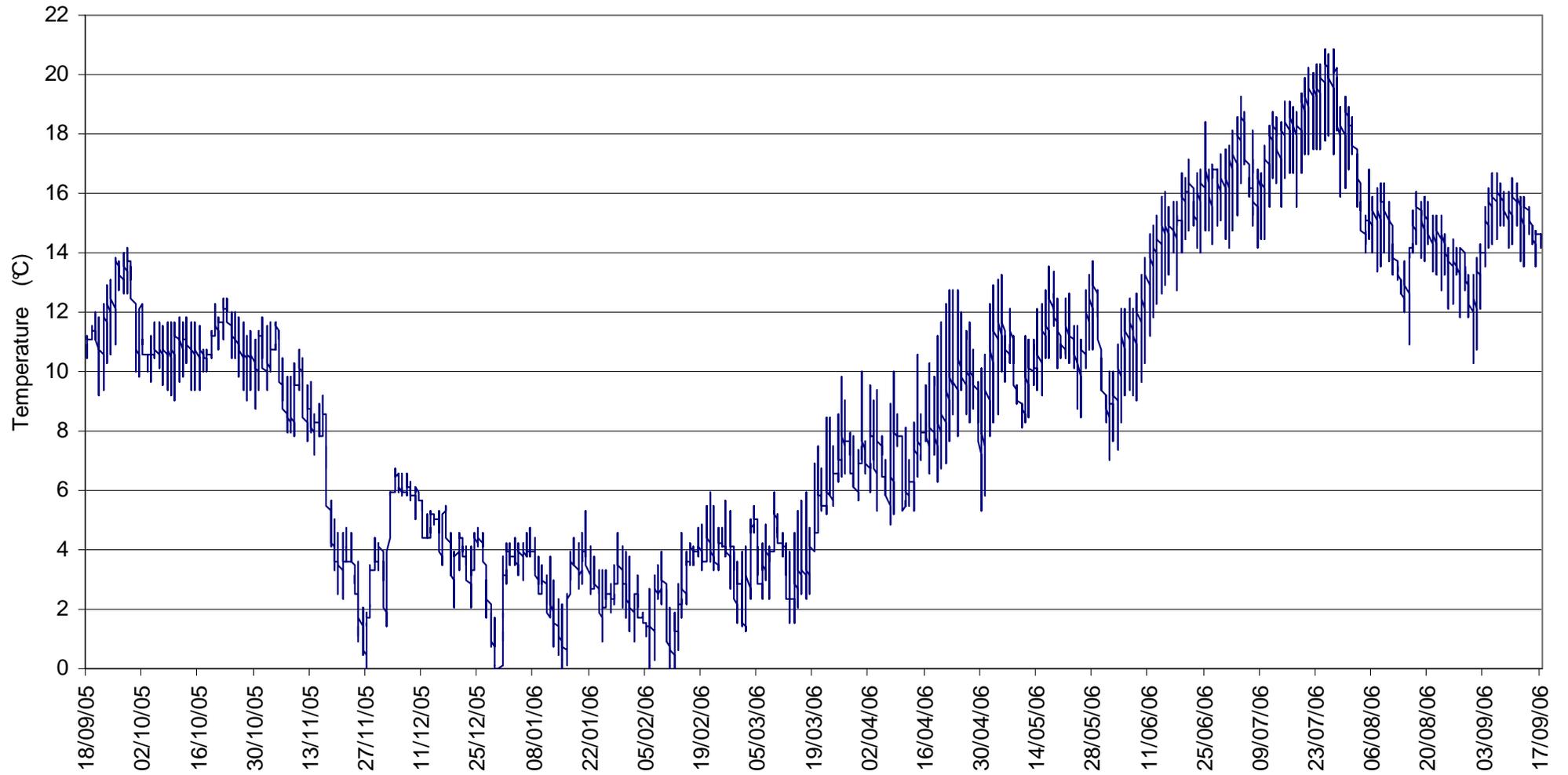
Données brutes rui de Cusy



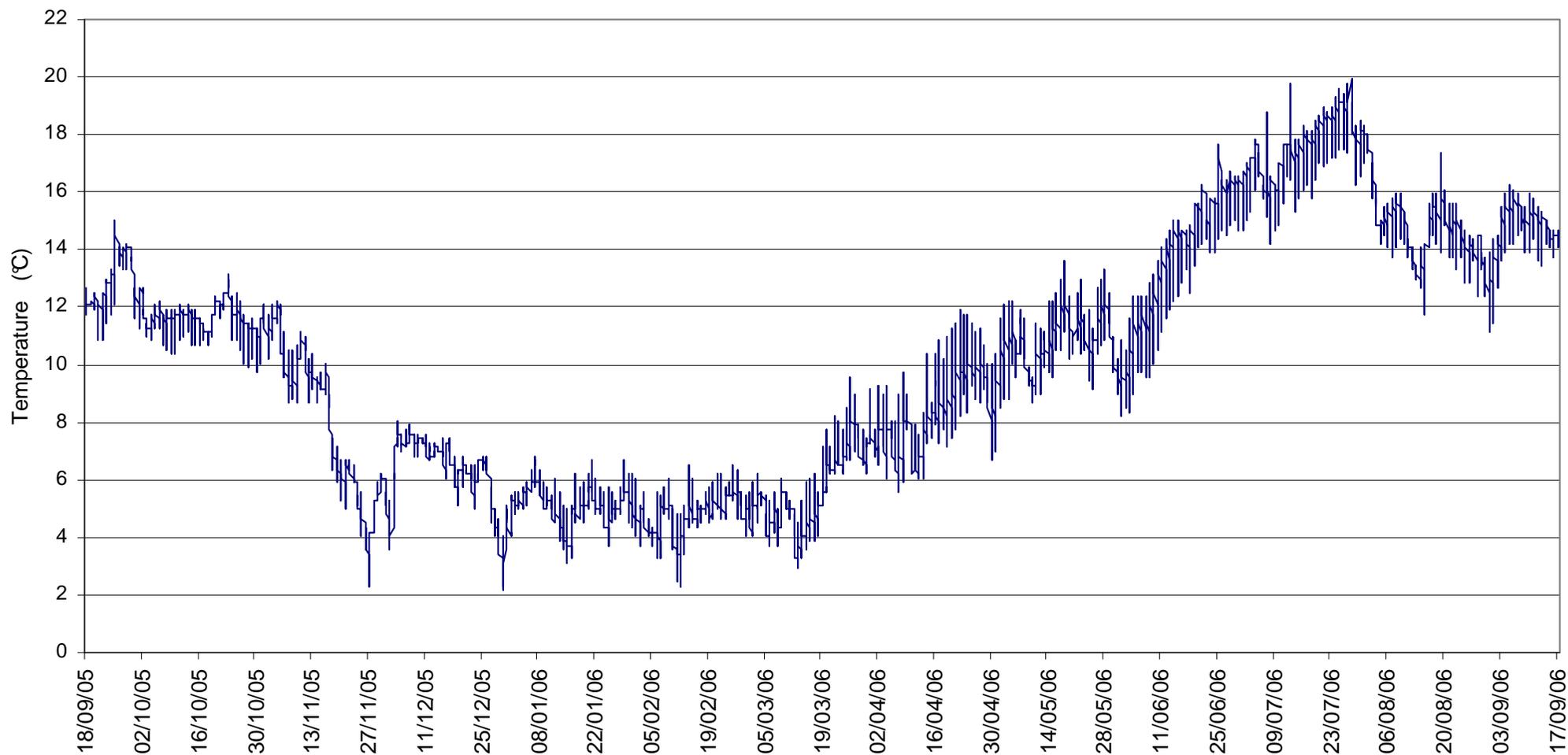
Données brutes rui des Mûres amont



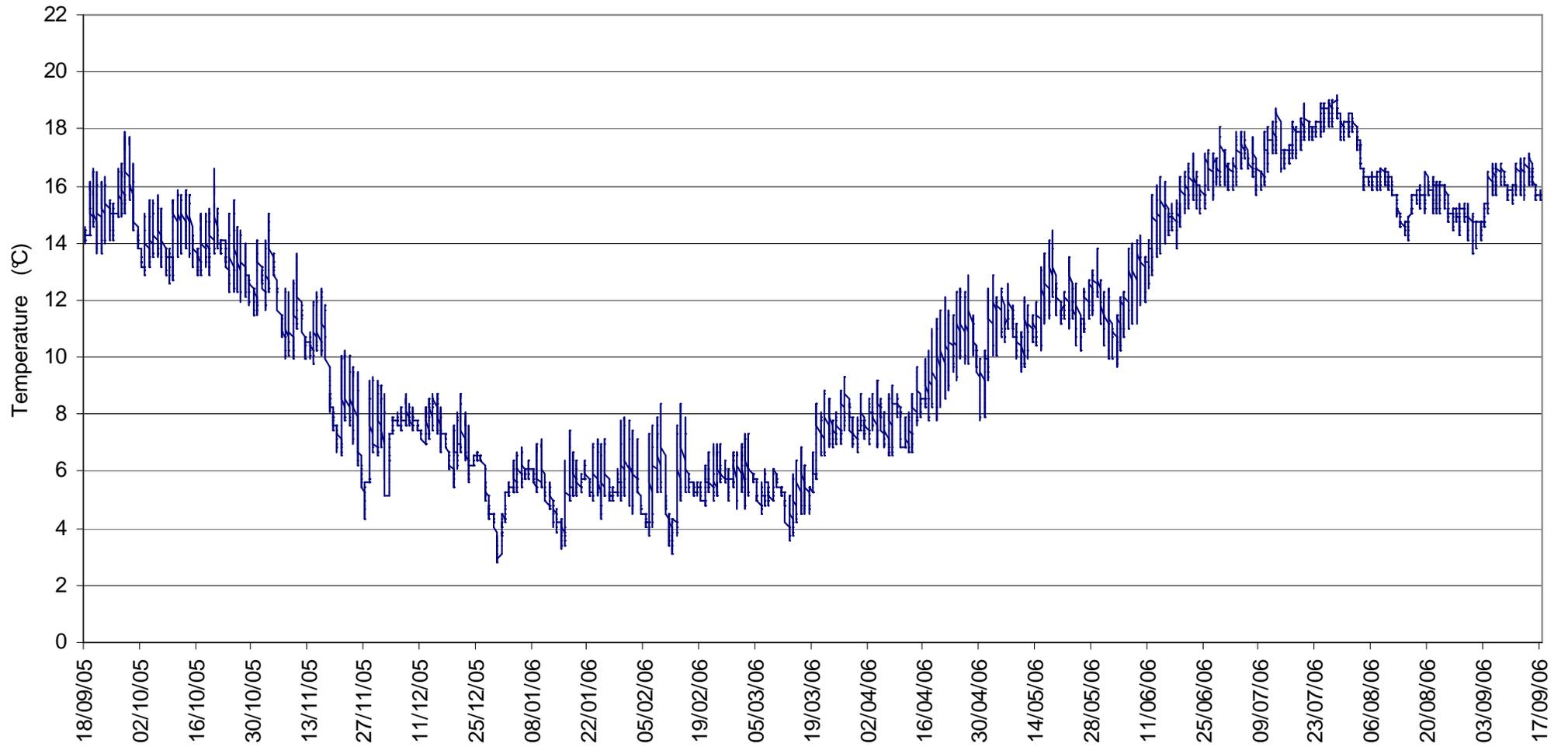
Données brutes rui des mûres aval



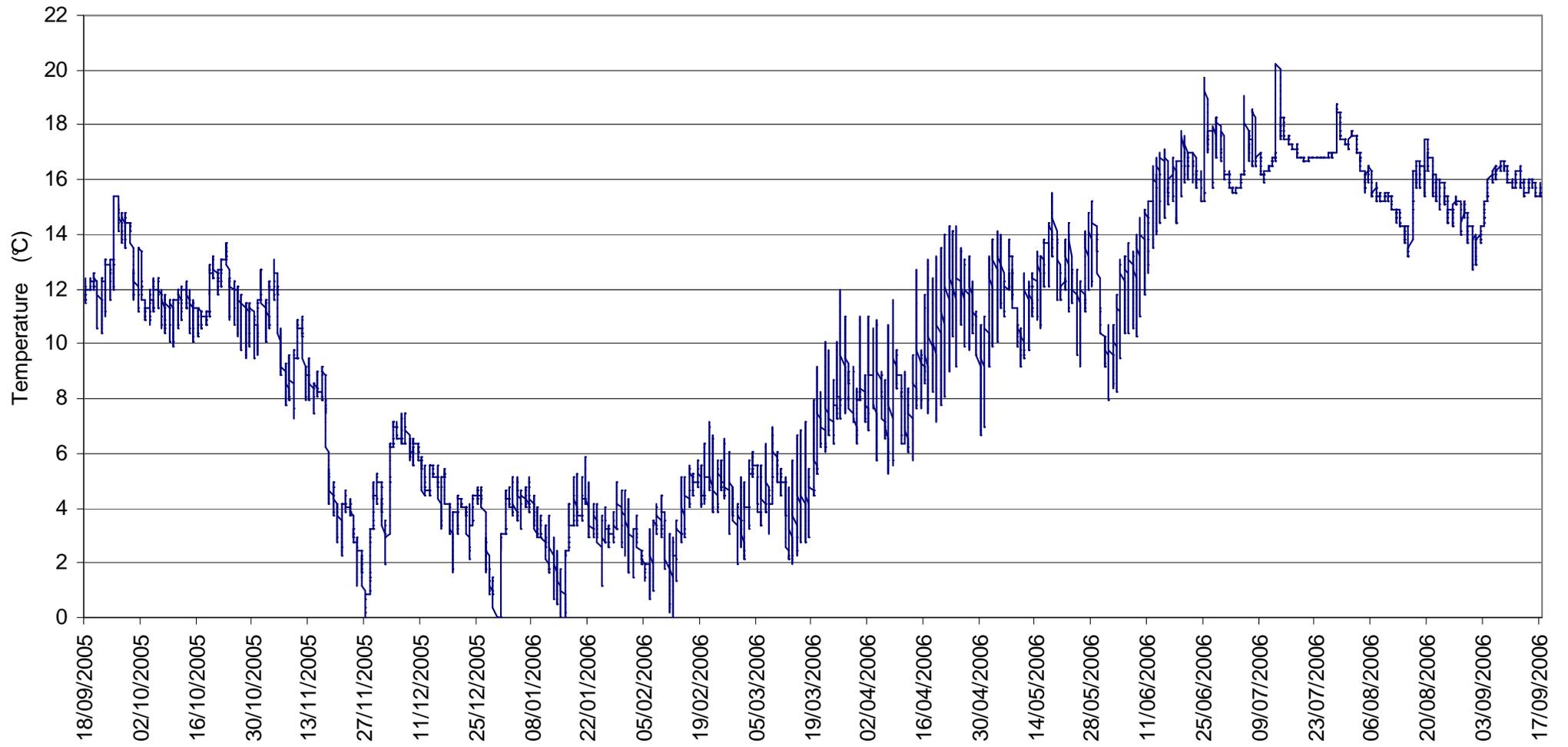
Données brutes Boré amont



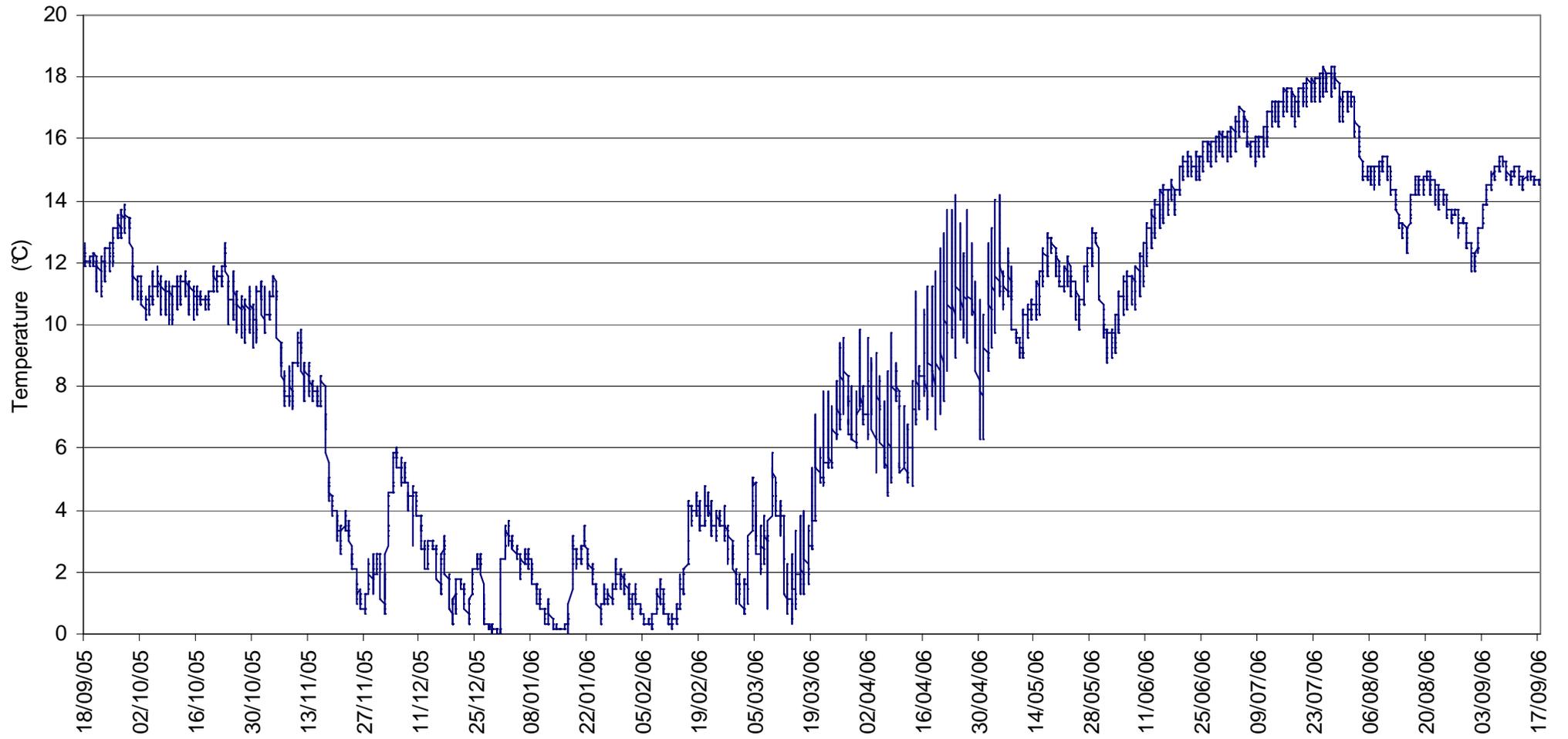
Données brutes Boré aval



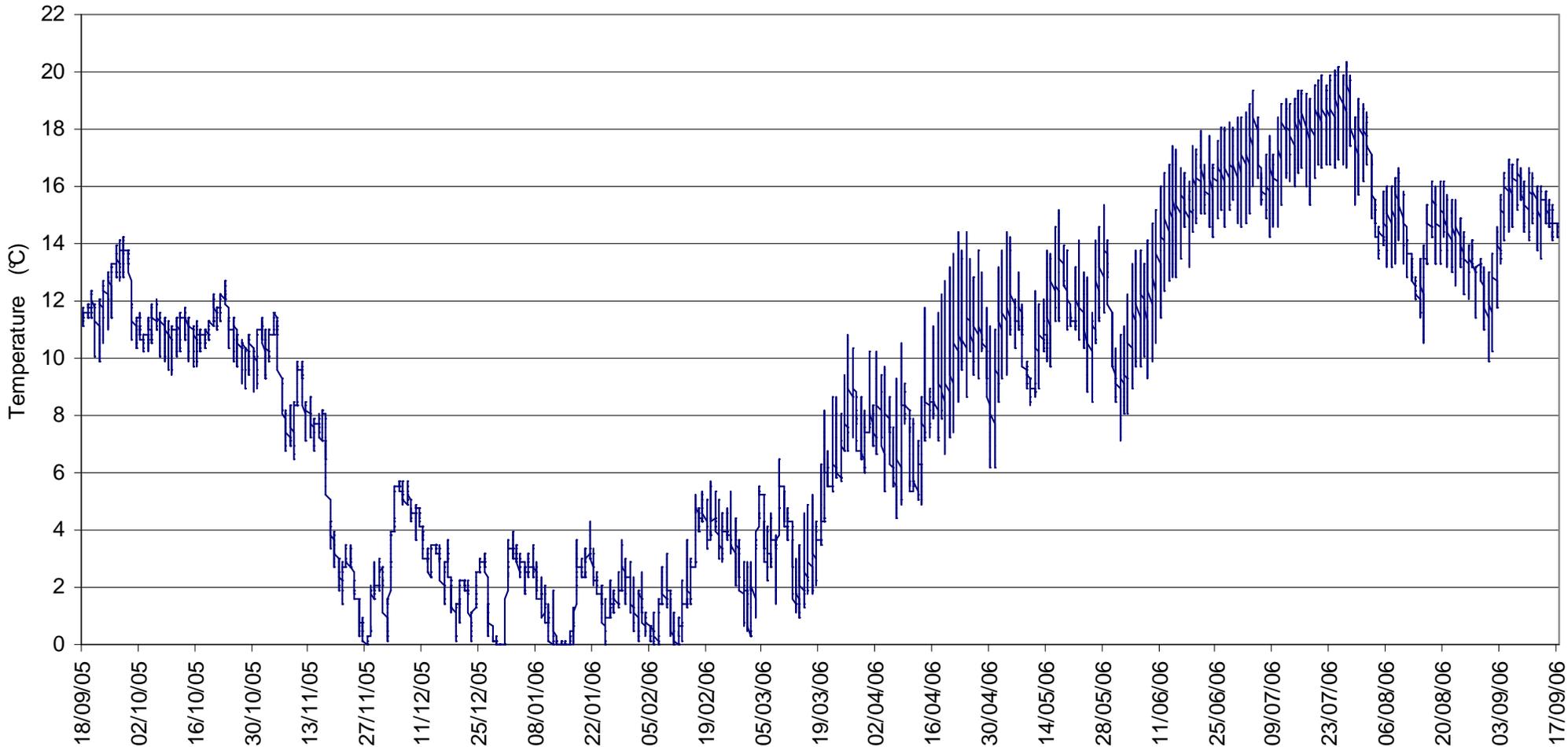
Données brutes Boré vidal



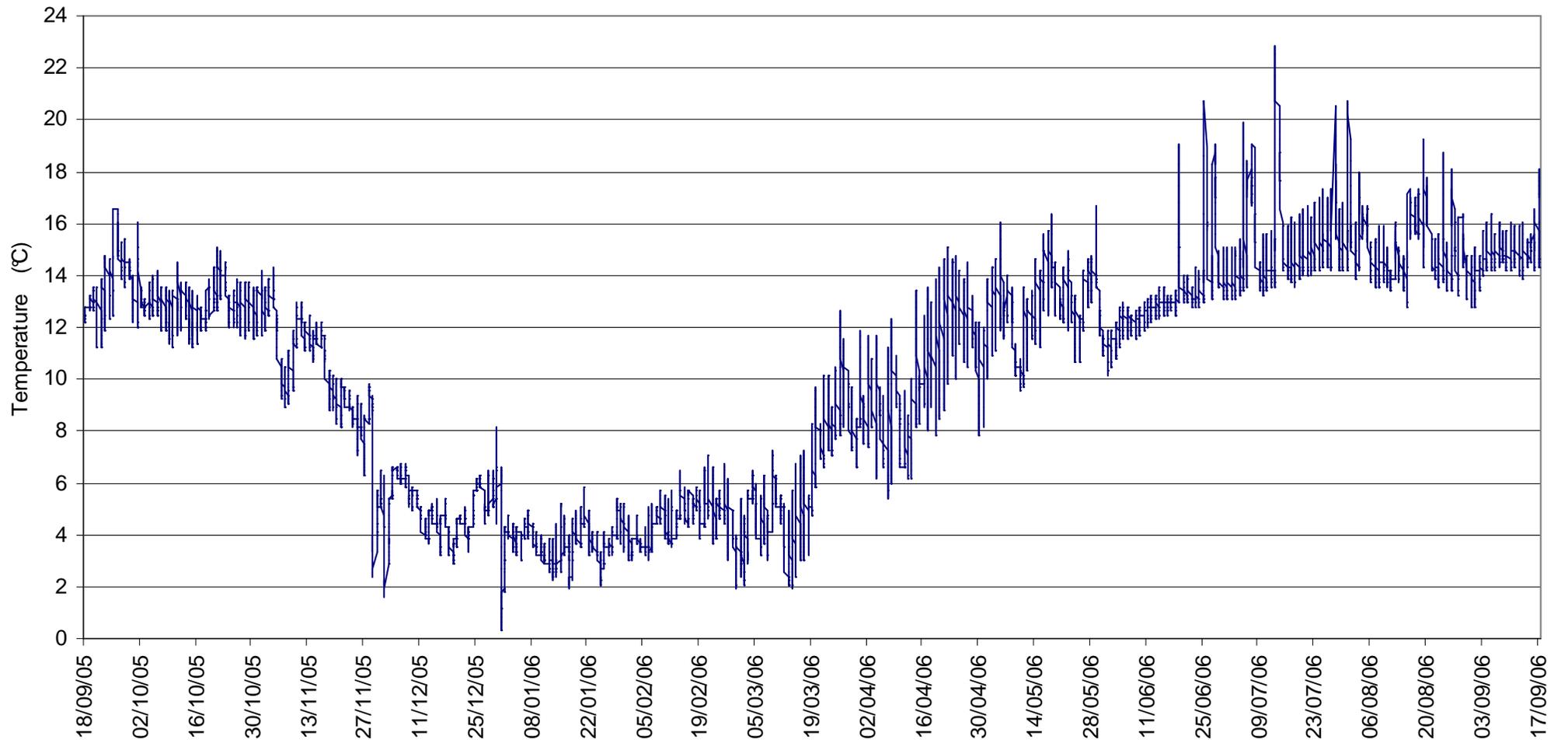
Données brutes Boiran amont



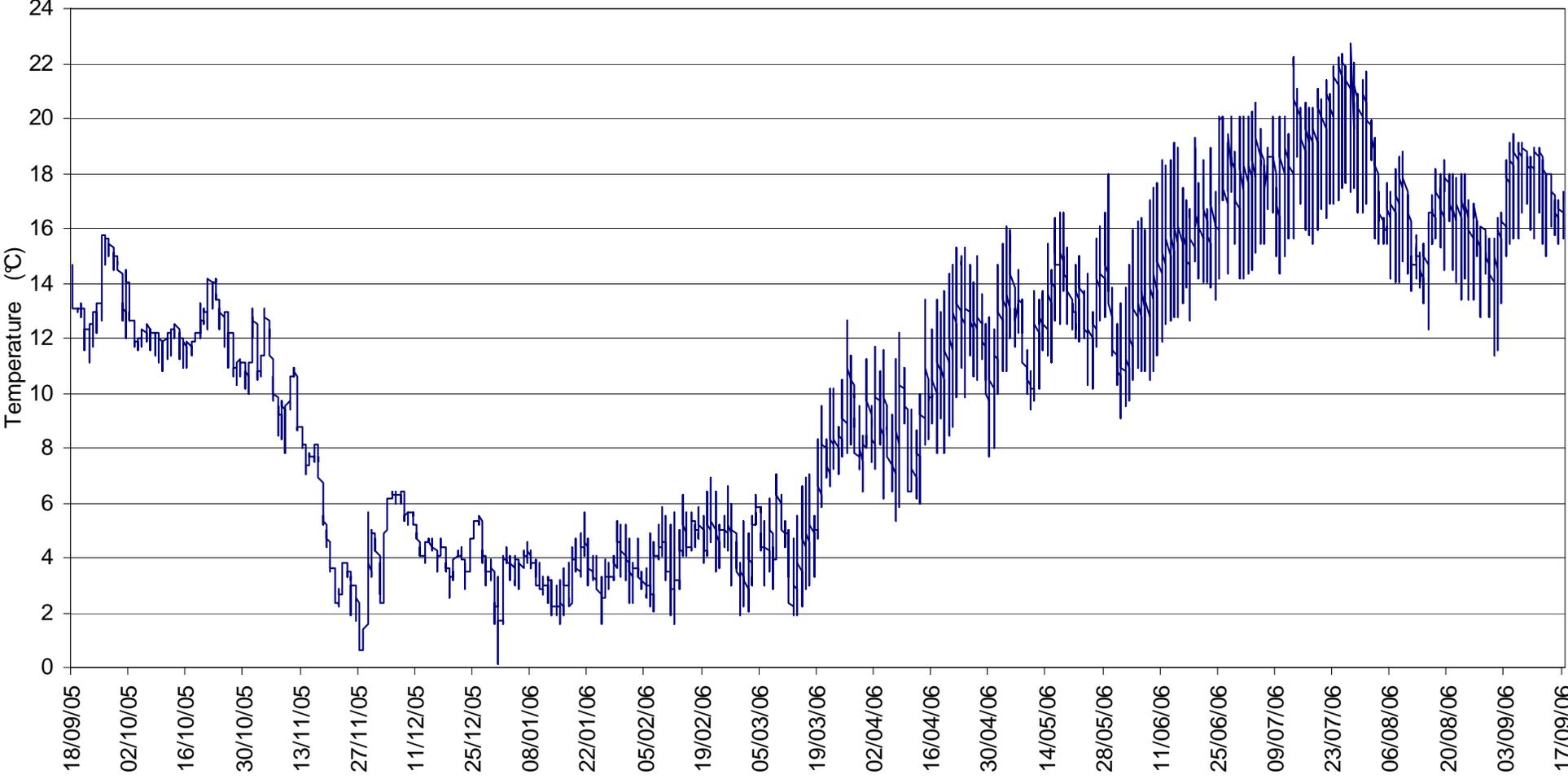
Données brutes Boiran aval



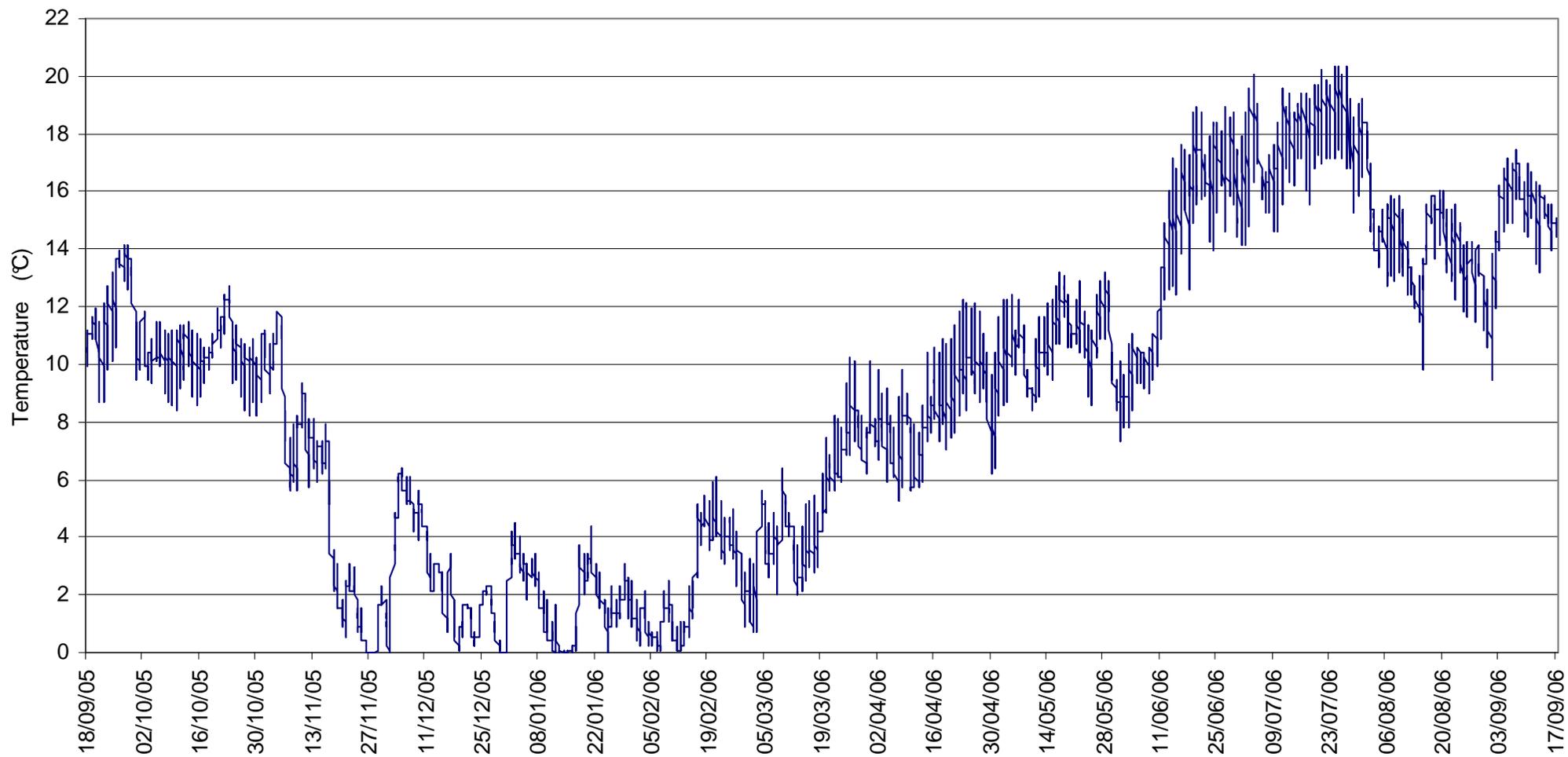
Données brutes Dadon base



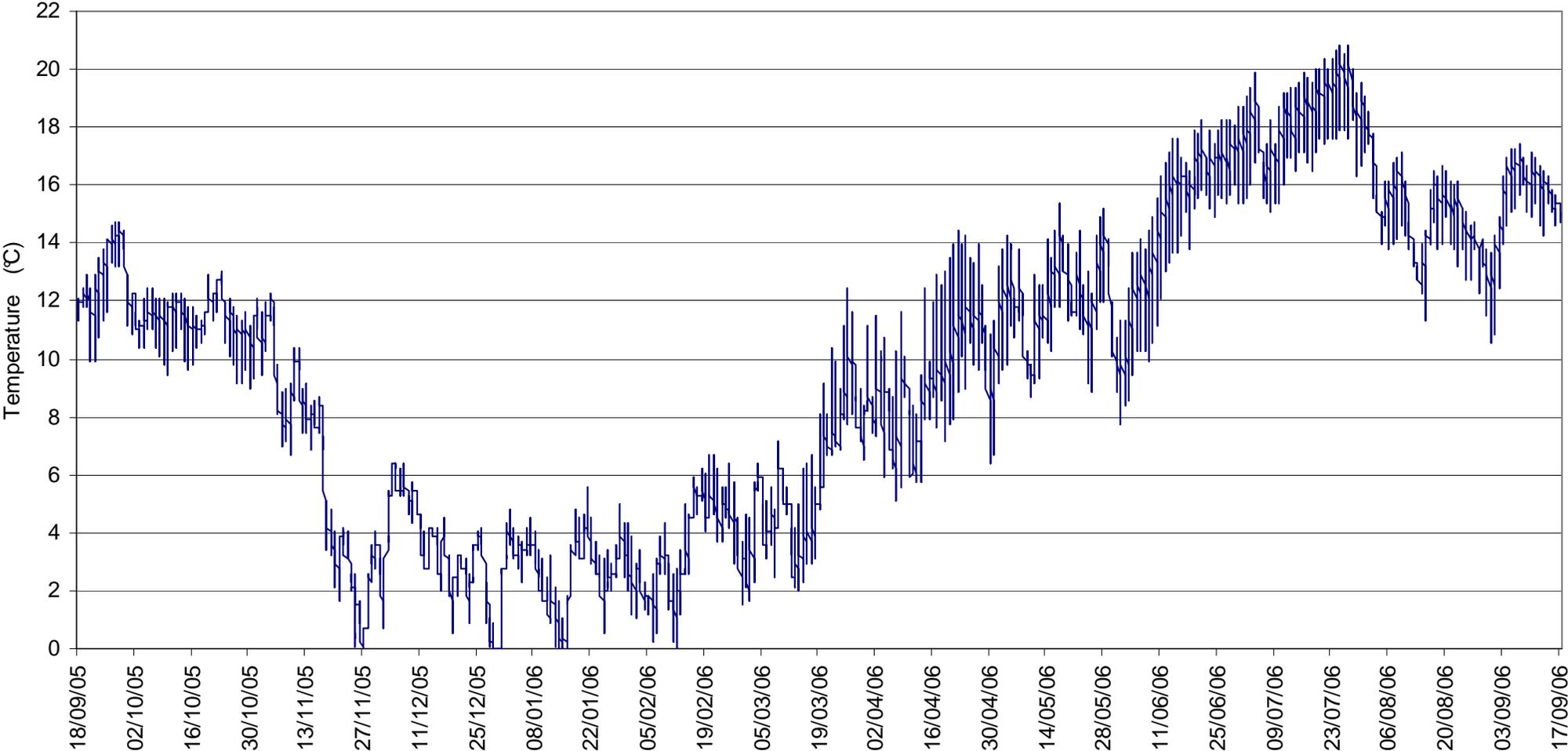
Données brutes Dadon aval



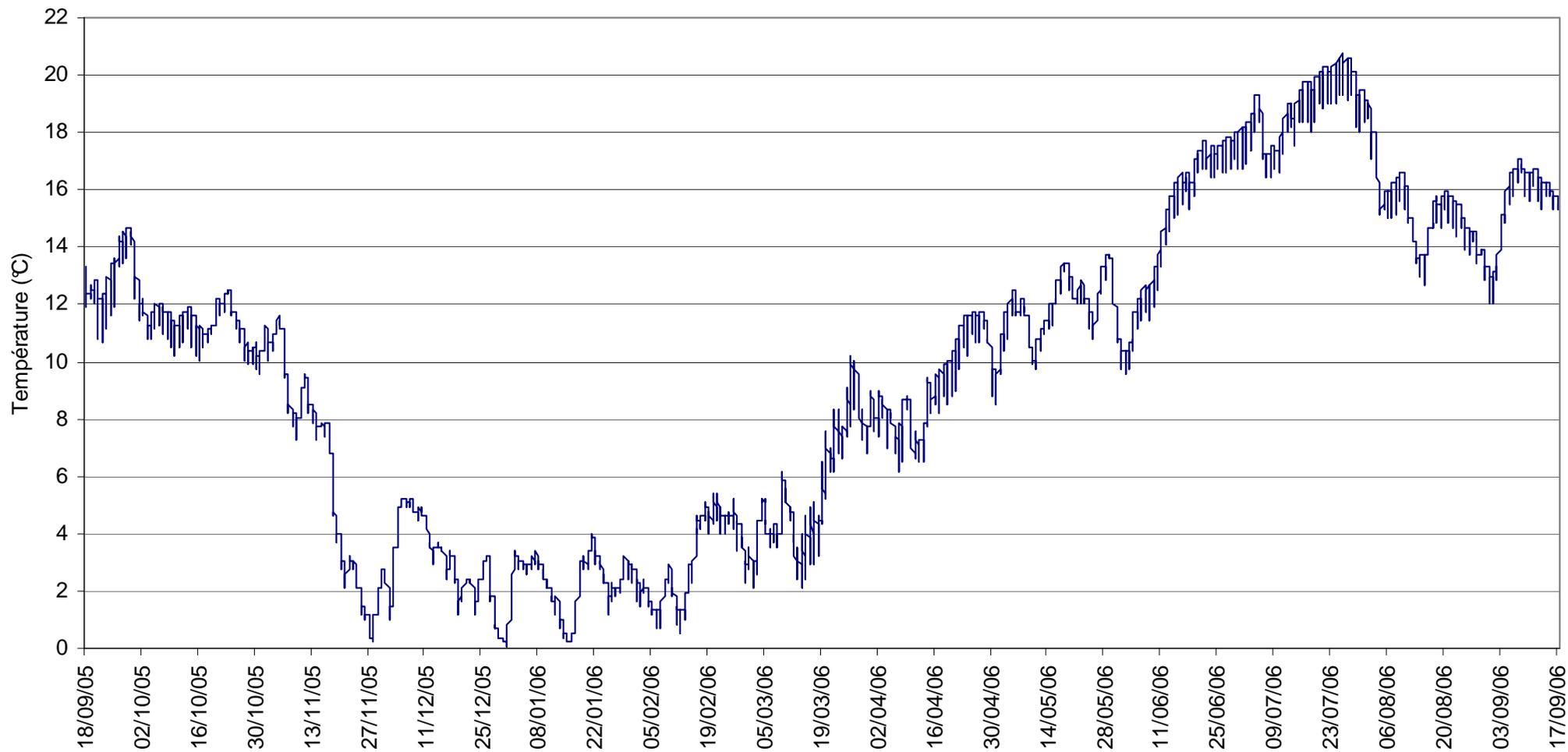
Données brutes Nanche amont



Données brutes Nanche Moulin

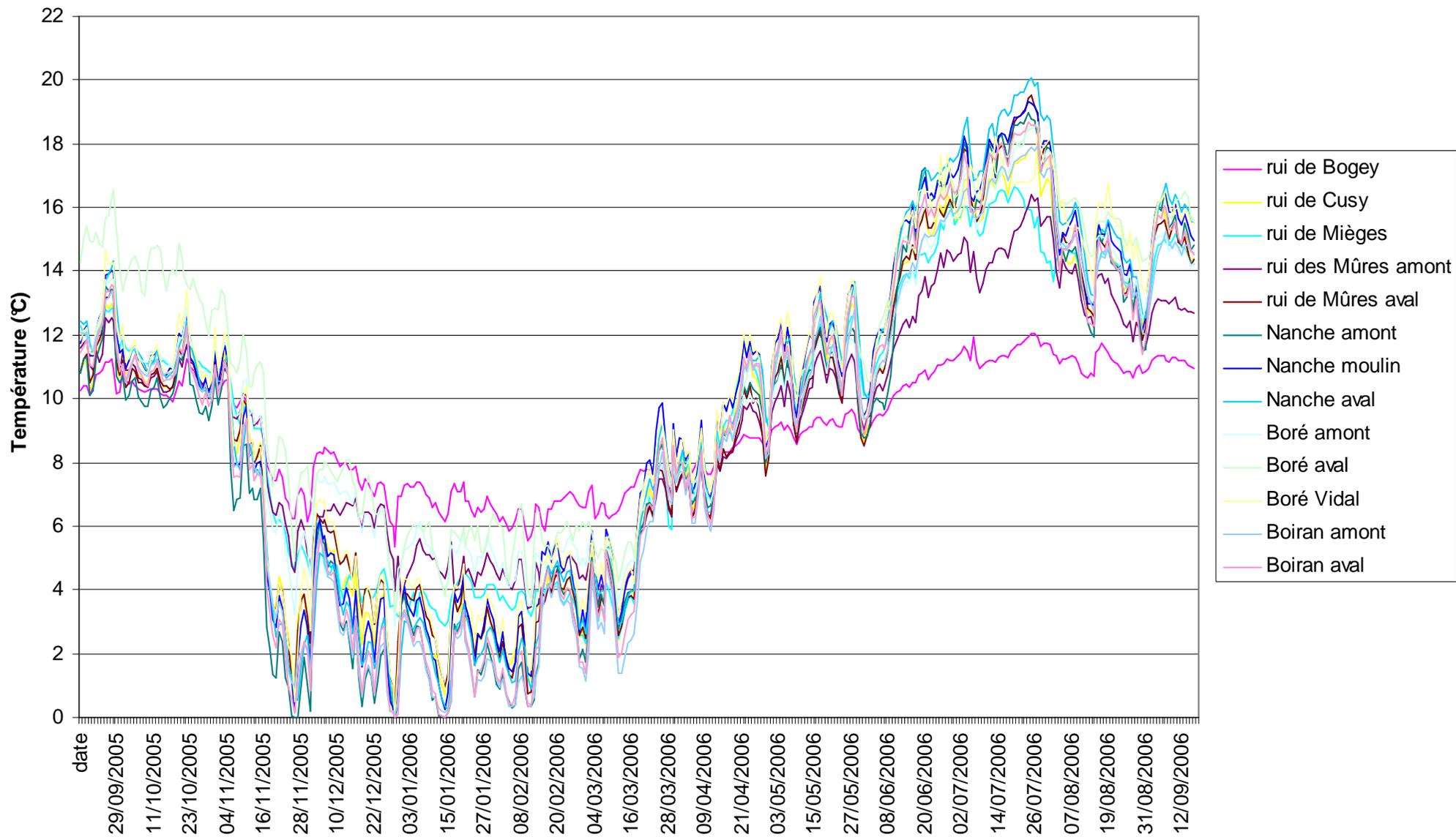


Données brutes Nanche aval

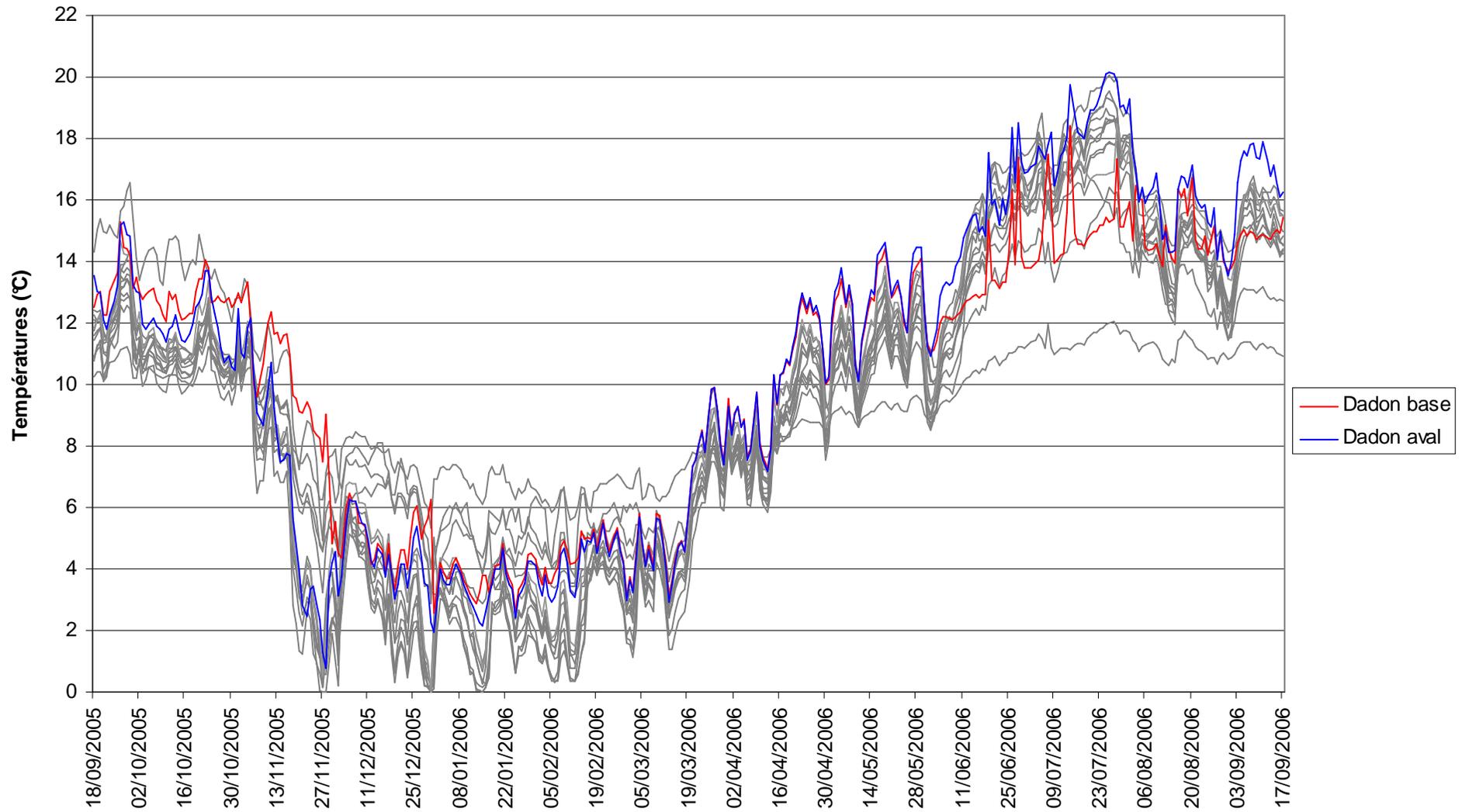


ANNEXE 2

Profil thermique annuel des moyennes journalières (sauf les 2 stations situées sur le Dadon)

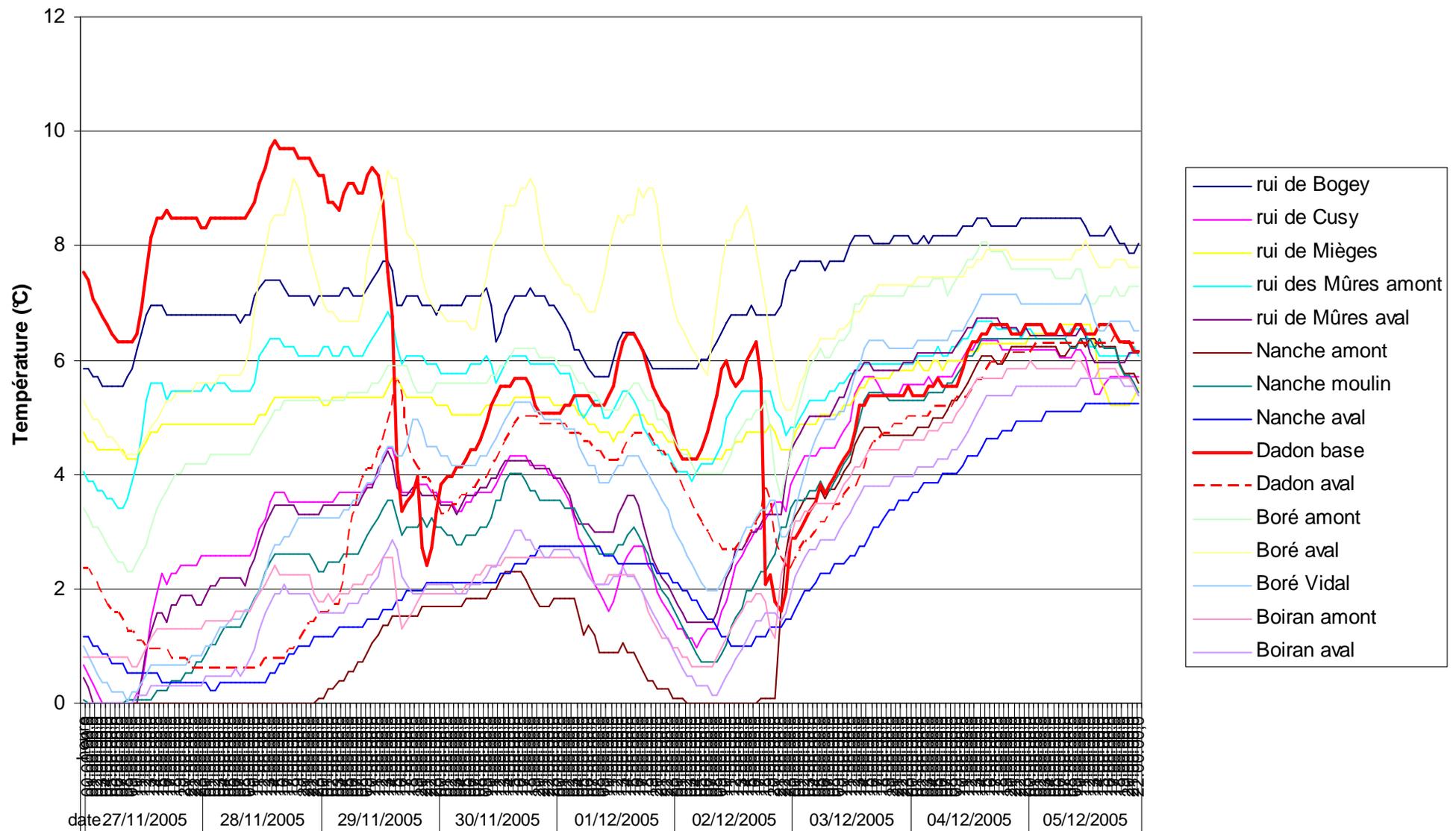


Profil thermique annuel des moyennes journalières de toutes les stations étudiées en 2005-2006.

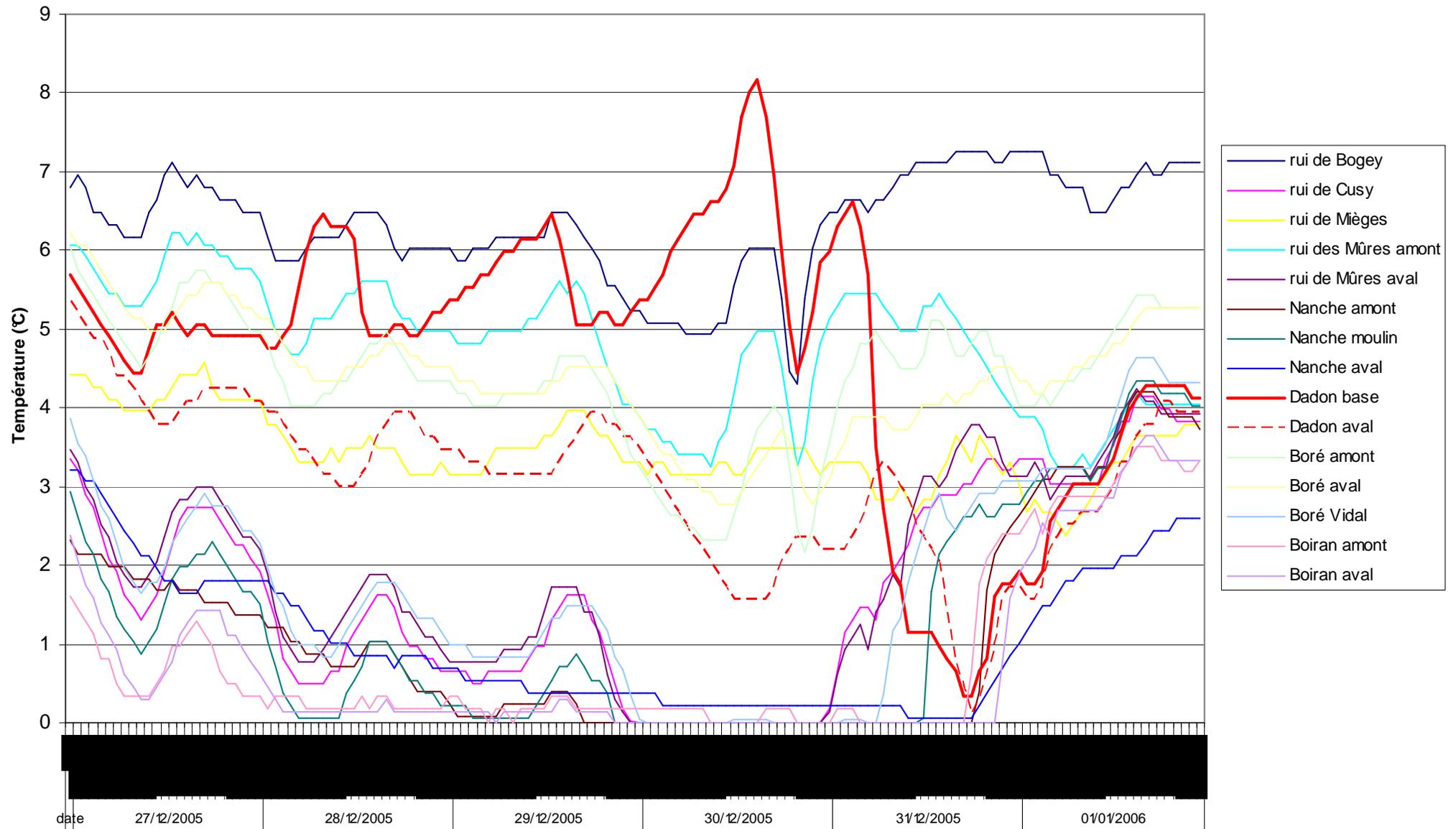


ANNEXE 3

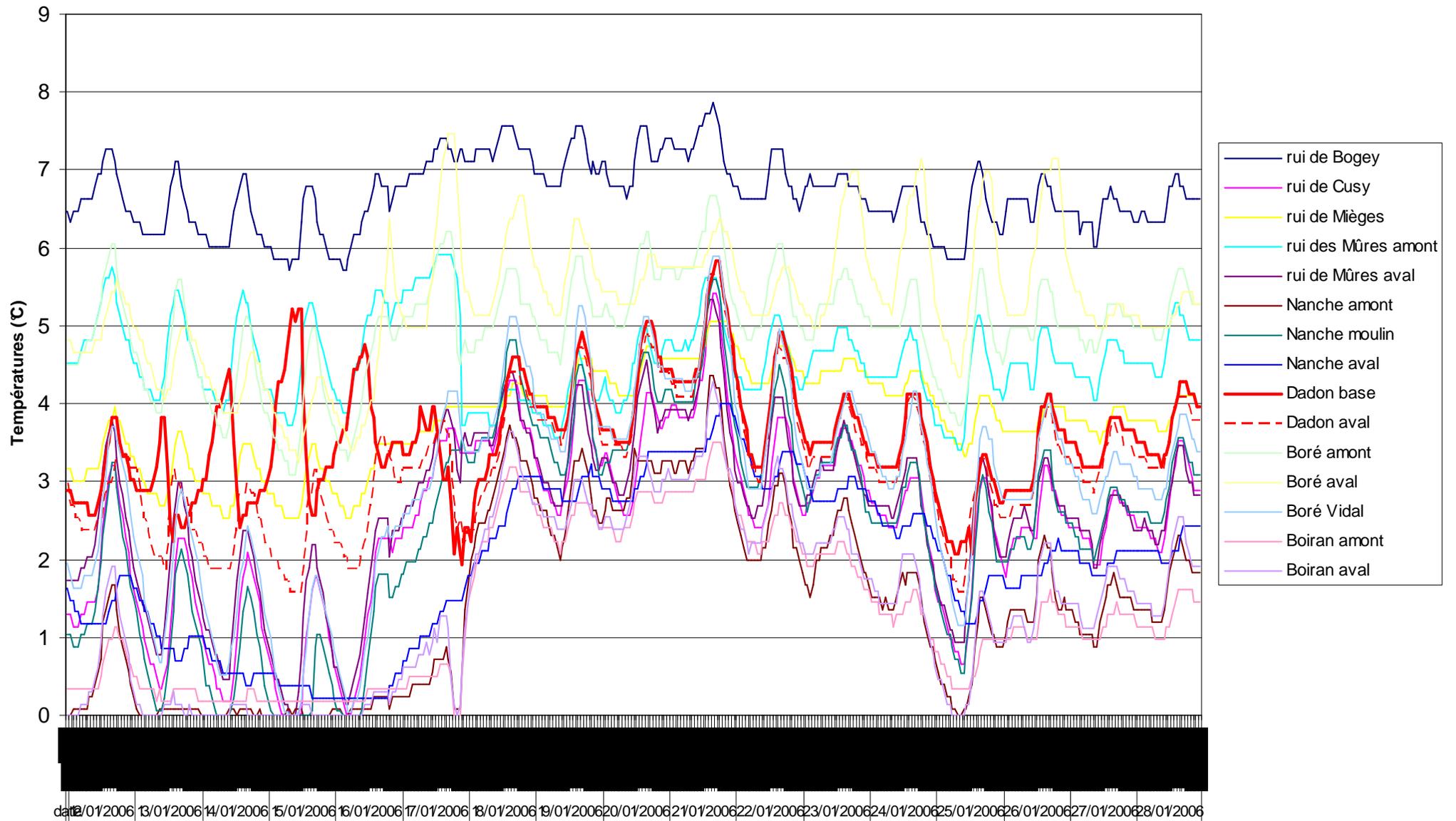
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 27/11/05 et 05/12/05 : H1.



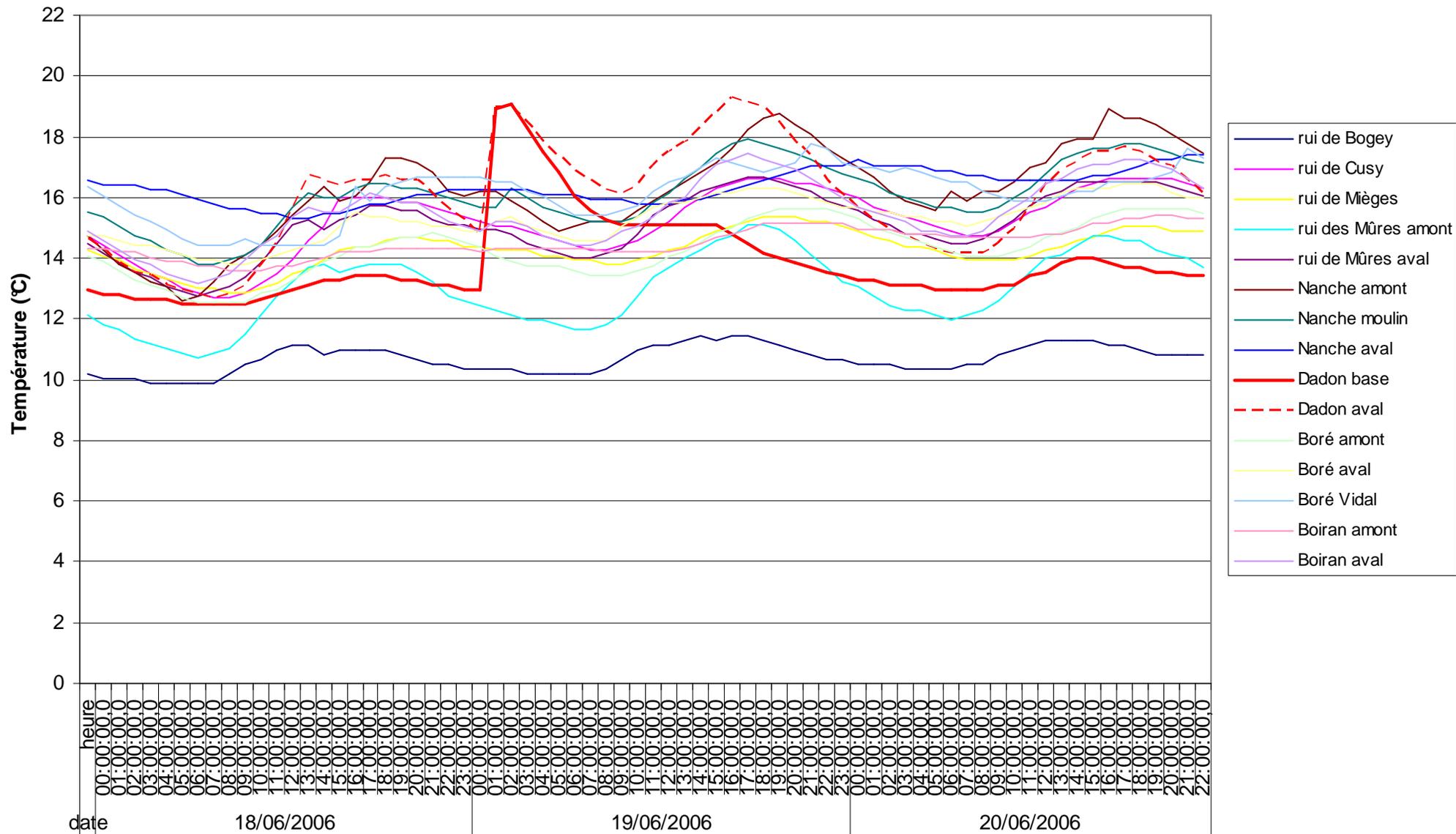
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 27/12/05 et 01/01/06 : H2.



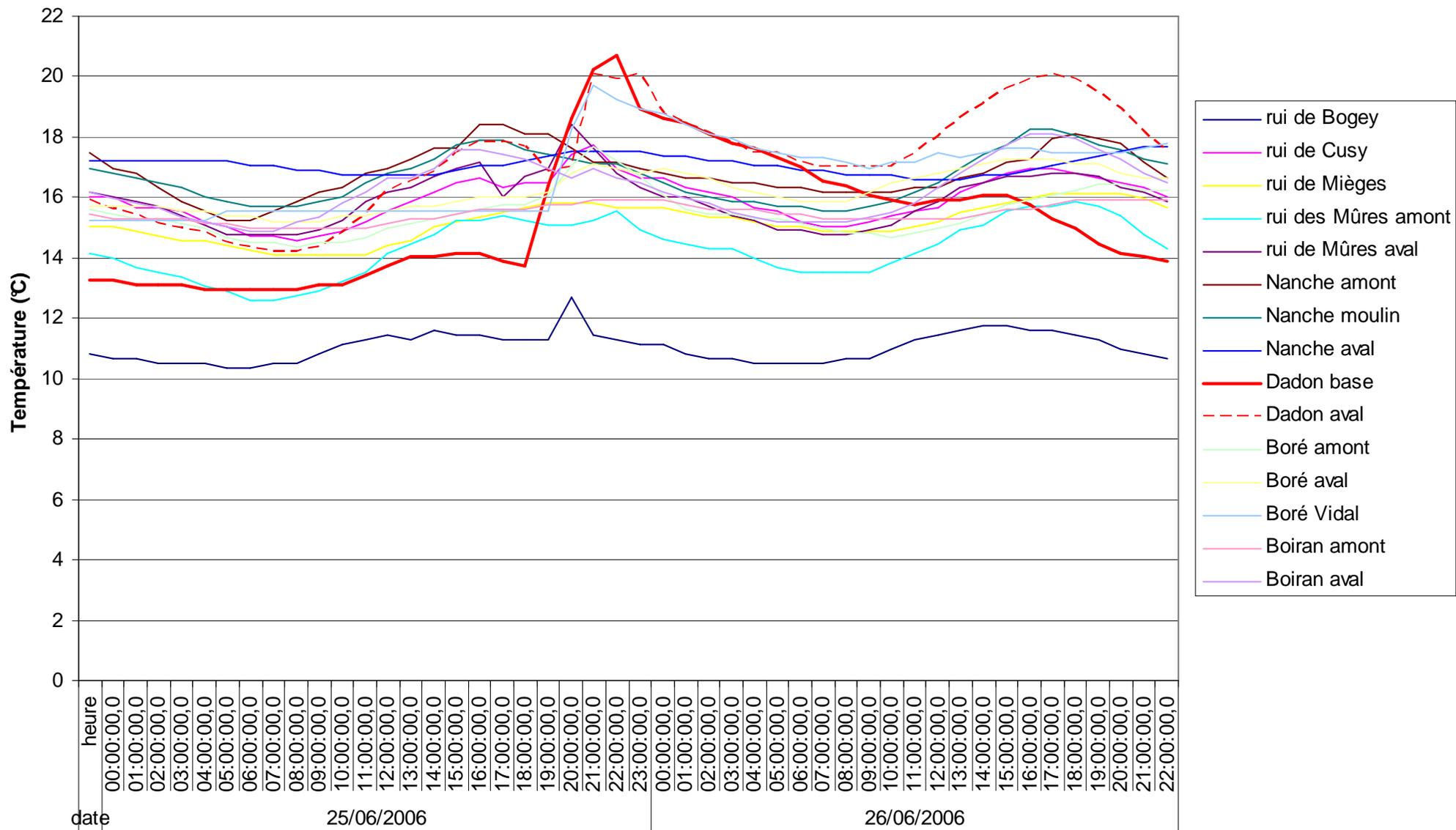
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 12/01/06 et 28/01/06 : H3.



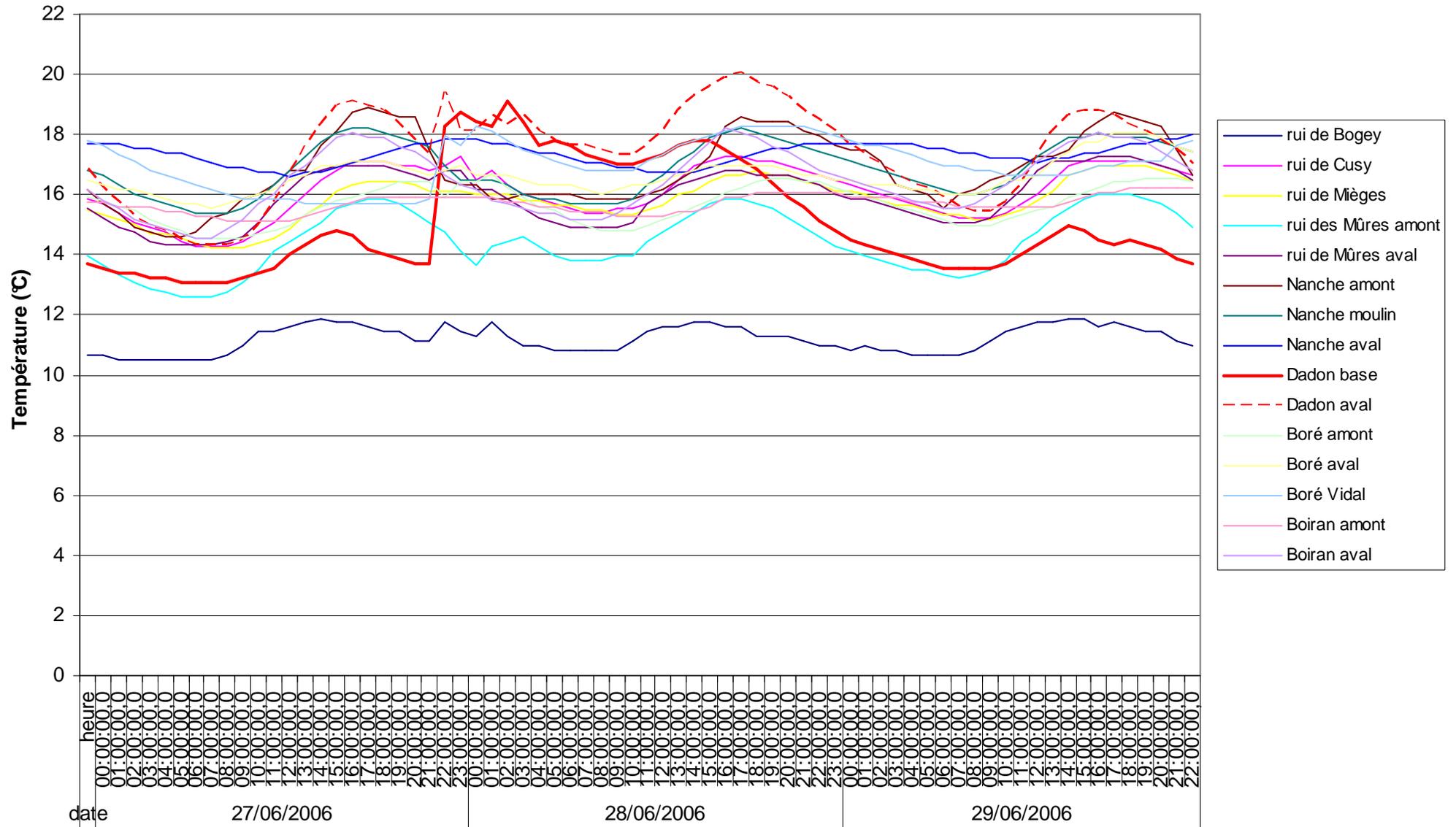
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 18/06/06 et 20/06/06 : E1.



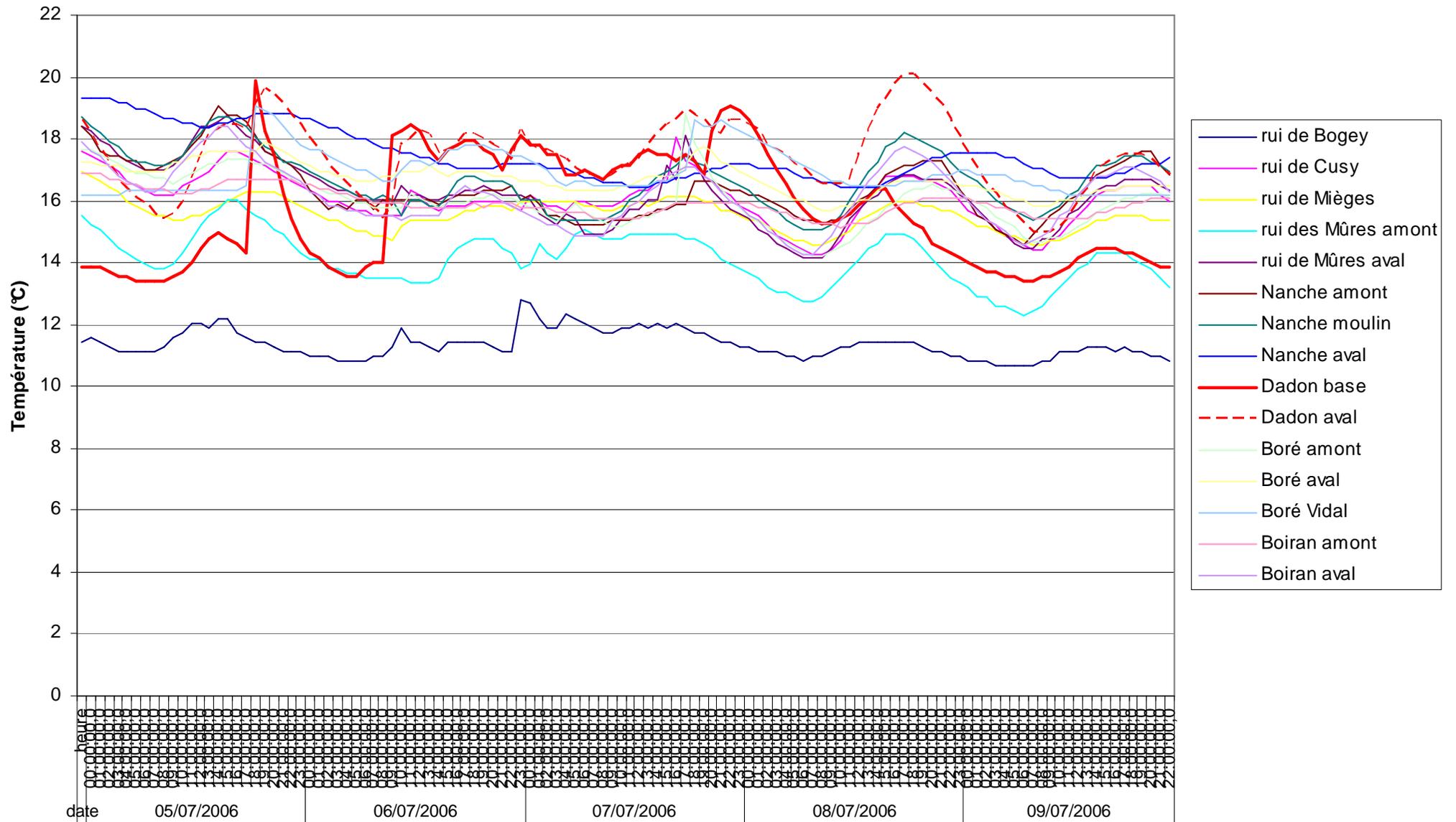
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 25/06/06 et 26/06/06 : E2.



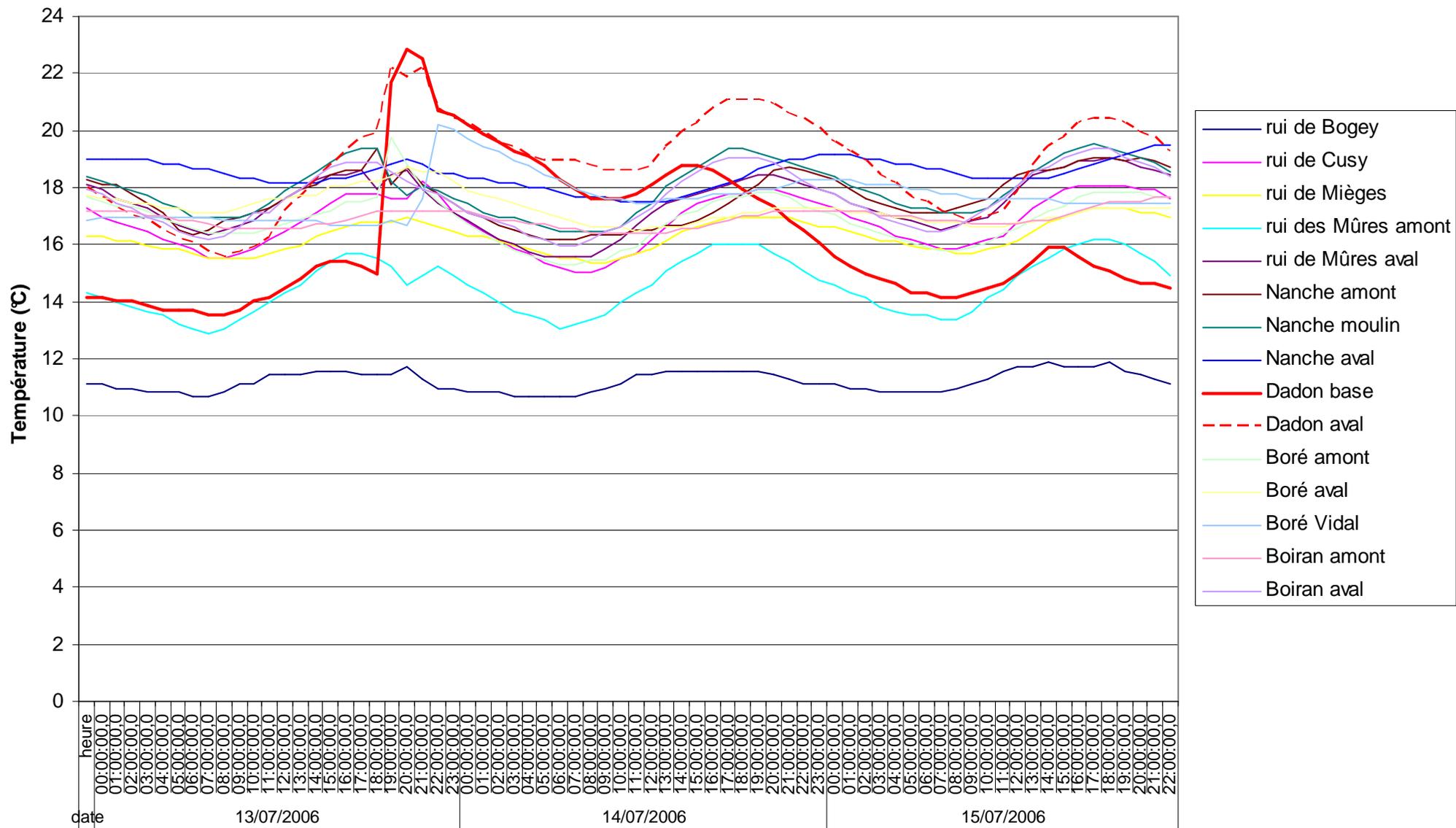
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 27/06/06 et 29/06/06 : E3.



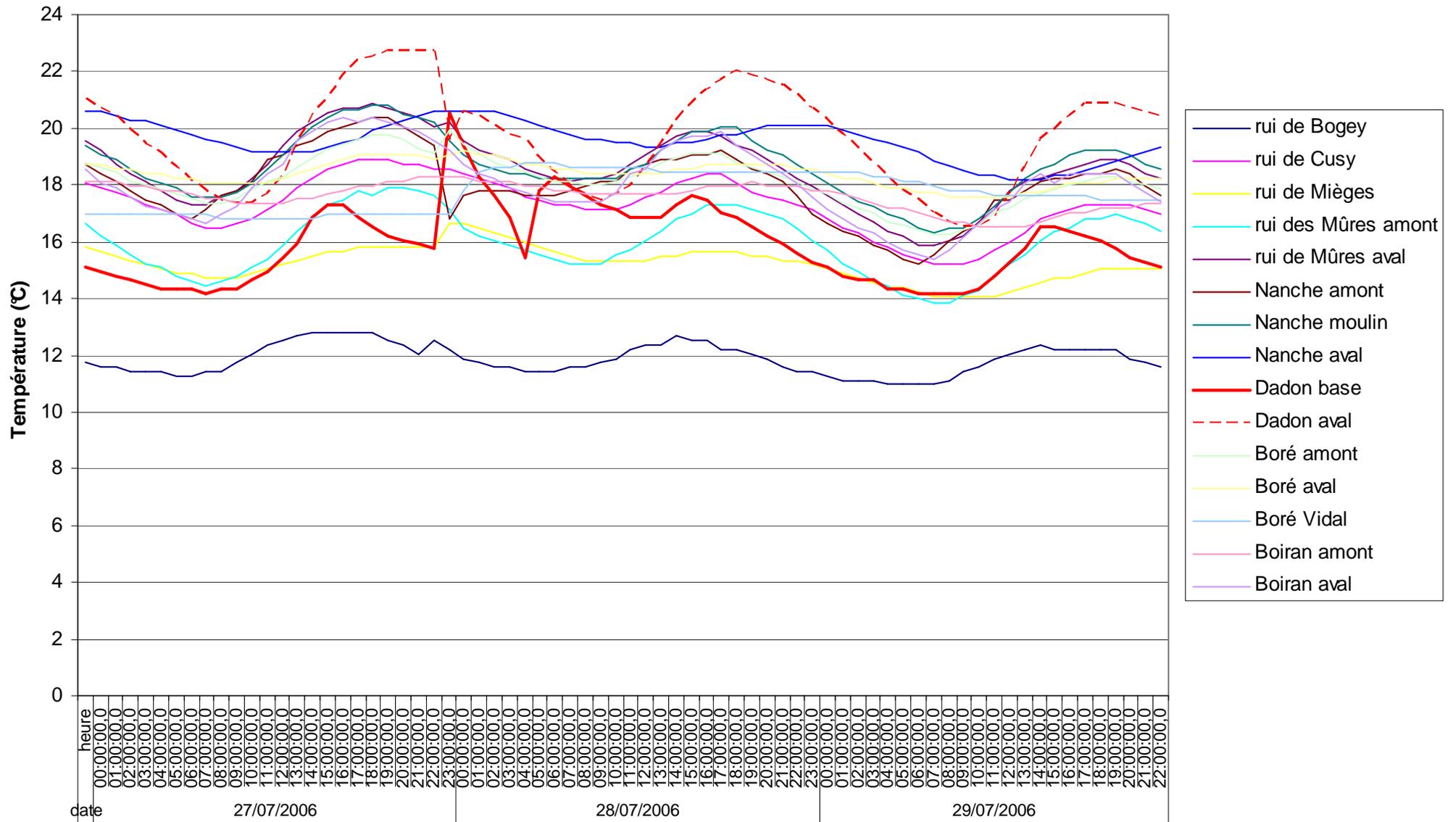
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 05/07/06 et 09/07/06 : E4.



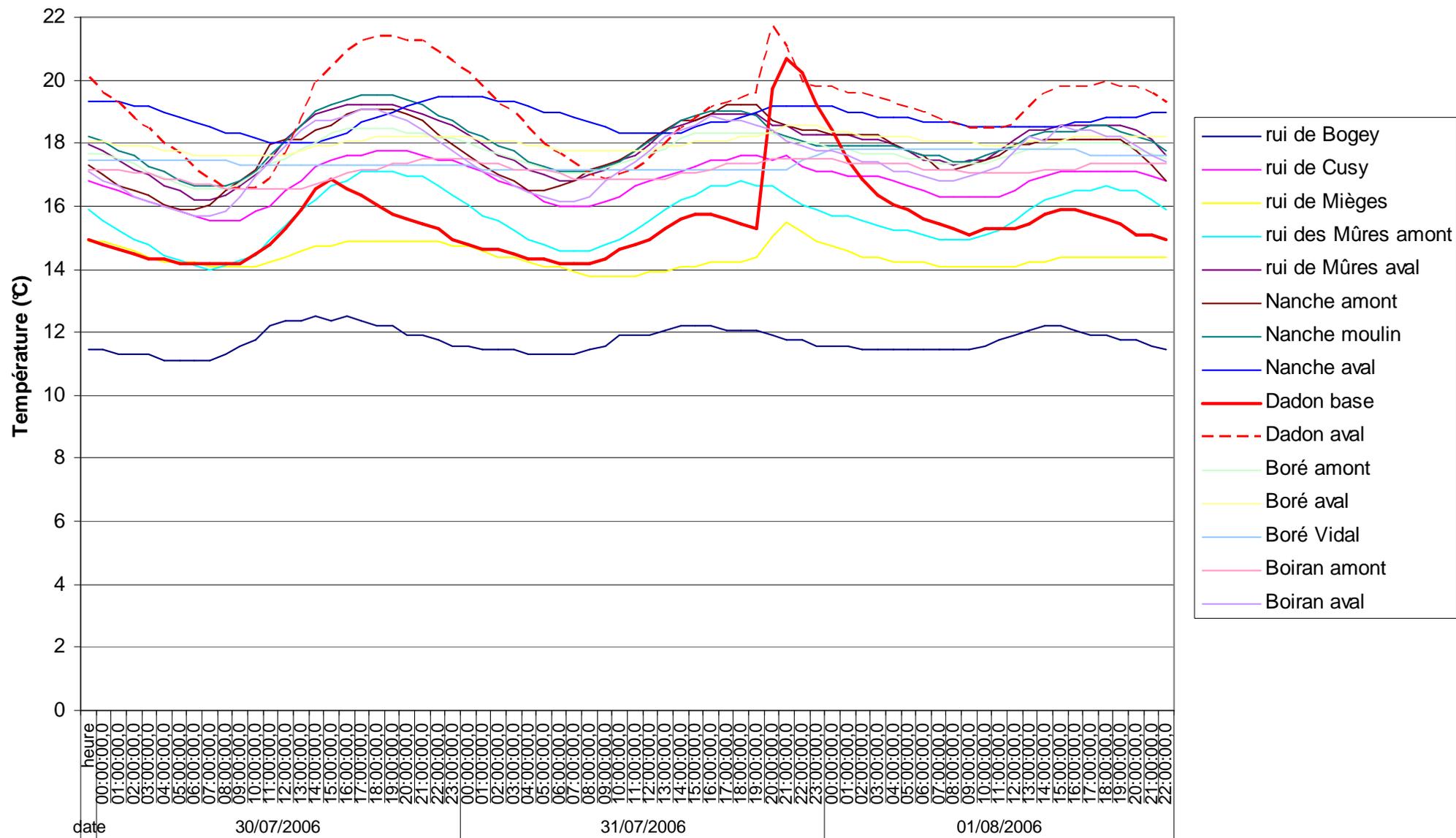
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 13/07/06 et 15/07/06 : E5.



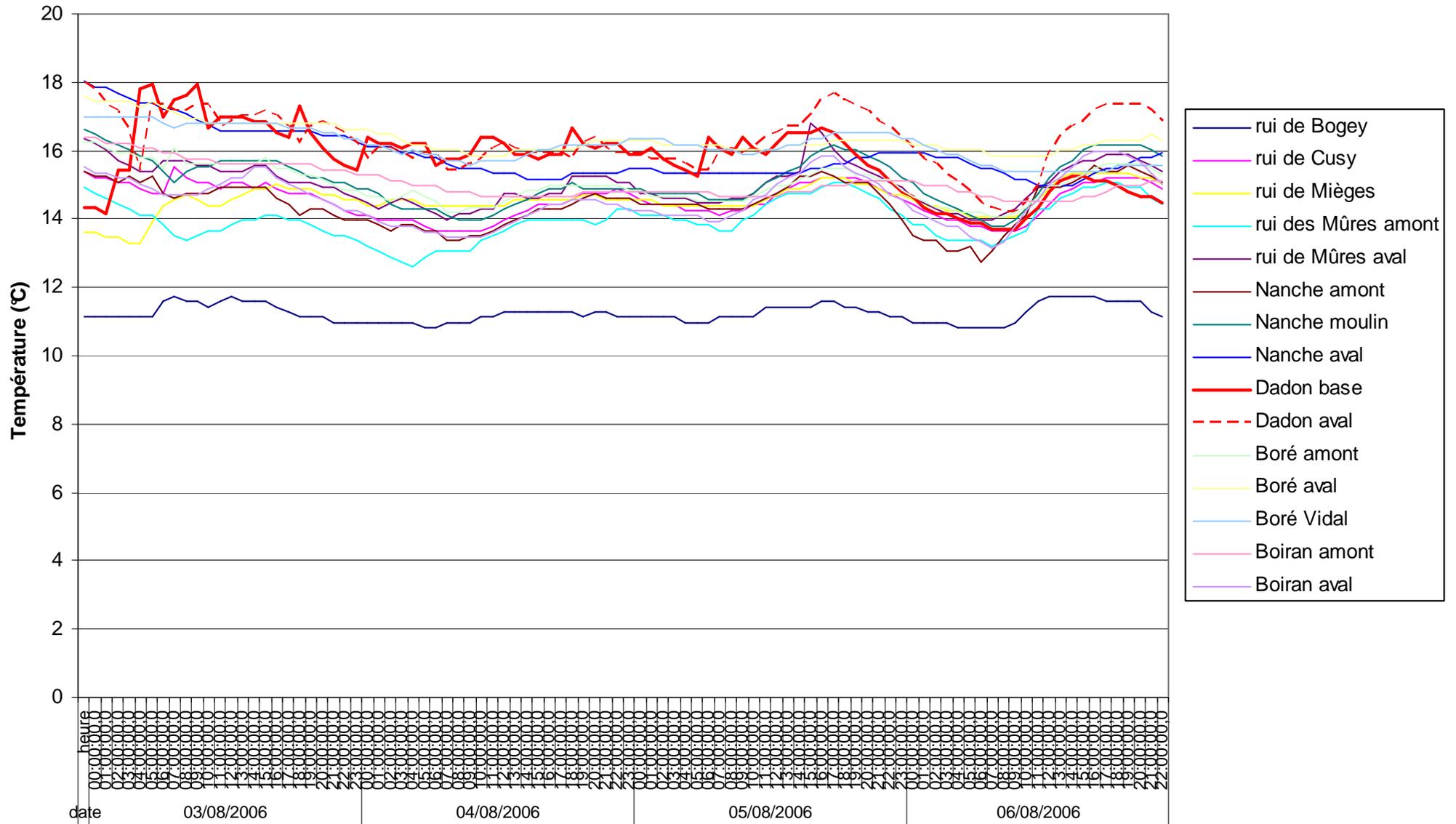
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 13/07/06 et 15/07/06 : E6.



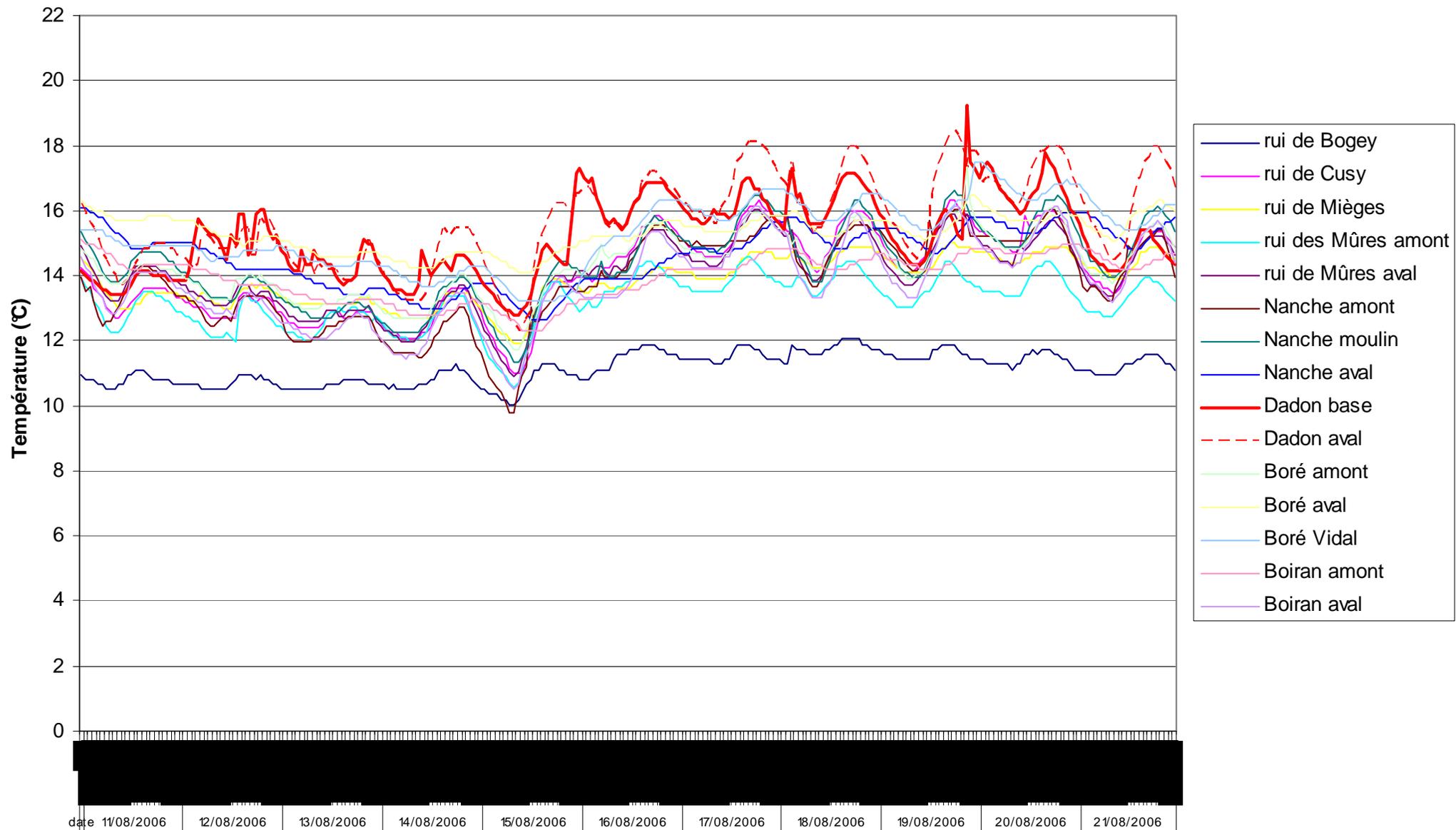
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 30/07/06 et 01/08/06 : E7.



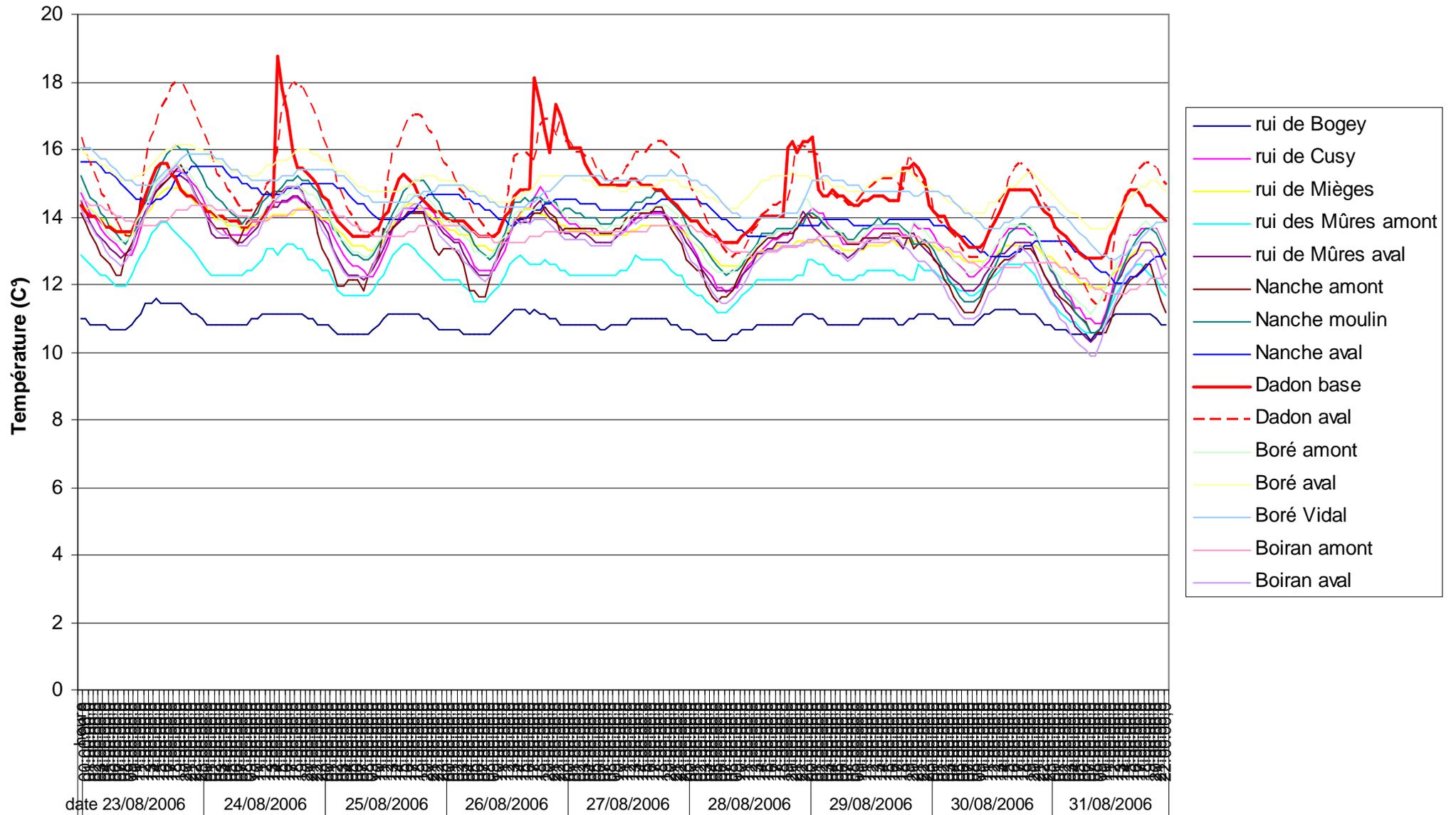
Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 03/08/06 et 06/08/06 : E8.



Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 11/08/06 et 21/08/06: E9.



Détail de l'évolution horaire des températures relevées entre le 23/08/06 et 31/08/06 : E10.



ANNEXE 4

Tableau des valeurs des paramètres interprétés :

cours d'eau	stations	T Maxi H	Amplitude An H	T Moy 30 jours	Nbjours T 4 19	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
	ruï de Bogey	12,98	8,67	11,52	365	0	0	0	117	0	0
	ruï de Mièges	17,74	16,32	15,97	295	0	0	379	140	11	0
	ruï de Cusy	18,89	18,89	16,84	274	0	0	356	144	11	30
ruï des Mûres	amont	17,93	15,64	14,99	351	0	0	40	138	0	0
	aval	20,85	20,85	17,78	275	135	15	586	146	8	31
Nant Boré	amont	19,92	17,76	17,25	358	33	11	586	133	0	0
	aval	19,21	16,43	17,62	361	11	5	1301	128	1	0
	Vidal	20,22	20,22	17,08	303	8	5	1289	137	11	35
Boiran	amont	18,31	18,31	16,95	258	0	0	952	151	11	125
	aval	20,36	20,36	17,55	262	119	11	549	148	11	111
Dadon	base	22,86	22,52	15,37	329	23	10	78	132	16	7
	aval	22,72	22,6	18,54	292	353	17	619	134	17	6
Nant de la Nanche	amont	20,37	20,37	17,73	263	135	13	546	149	6	123
	moulin	20,84	20,84	18,08	275	196	15	974	140	10	68
	aval	20,77	20,72	18,72	258	286	113	1410	144	15	84